

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN
CAMPO Y REVISIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU
ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS EN LA EMPRESA
LÓPEZ HERMANOS LTDA

YERMAN ALBERTO ROJAS GONZÁLEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

2018

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN
CAMPO Y REVISIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU
ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS REALIZADOS EN LA EMPRESA
LÓPEZ HERMANOS LTDA

YERMAN ALBERTO ROJAS GONZÁLEZ

Trabajo de grado para optar al título de
INGENIERO GEÓLOGO

DIRECTOR ING. MSc.
NEBARDO ARTURO ABRIL GONZÁLEZ

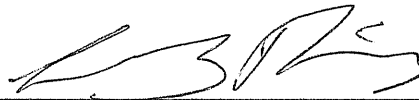
COORDINADOR ING. MSc.
LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

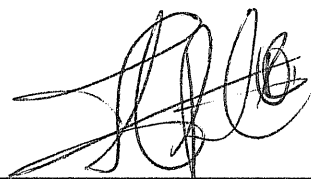
2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado



Firma del jurado



Firma del jurado

Sogamoso, 31 de mayo de 2018

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
2. GENERALIDADES	14
2.1. LOCALIZACIÓN.....	14
2.2. DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO	14
3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	18
4. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO	20
4.1. LITOLOGÍA	24
4.1.1. Descripción visual y manual de suelos:.....	24
4.1.2. Descripción visual y manual de rocas	28
4.2. FORMACIONES GEOLÓGICAS Y DEPÓSITOS CUATERNARIOS ...	32
4.3. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.	34
4.4. RASGOS GEOMORFOLÓGICOS	35
5. ASPECTOS DE GUÍA METODOLÓGICA	37
5.1. ÍTEMS DEL FORMATO GUÍA METODOLÓGICA	37
5.1.1. Litología.....	37
5.1.2. Formación geológica	38
5.1.3. Depósitos cuaternarios.....	39
5.1.4. Características generales del terreno.....	42
5.1.5. Herramientas complementarias para descripción tanto de rocas como suelos	43
6. GENERACIÓN DEL FORMATO GUÍA METODOLÓGICA	44

6.1.	ADAPTACIÓN DE LOS ÍTEMS AL FORMATO	44
6.2.	RESULTADOS OBTENIDOS CON EL FORMATO.....	49
7.	DESARROLLO Y SUGERENCIAS DE ENSAYOS IN SITU	51
7.1.	ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y RECUPERACIÓN DE MUESTRA	52
7.2.	ENSAYO DE VELETA DE CAMPO	53
7.3.	ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE ESTRATOS SUPERFICIALES...	55
8.	RECUPERACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS	57
8.1.	MUESTRAS ALTERADAS MEDIANTE CUCHARA PARTIDA	57
8.2.	MUESTRAS PARCIALMENTE INALTERADAS RECUPERADAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA.....	57
8.3.	RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS DE ROCA Y DESIGNACIÓN DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)	60
8.4.	CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO	64
8.5.	CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE NÚCLEOS DE ROCA.....	66
9.	CONCLUSIONES	70
10.	RECOMENDACIONES	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	WEBGRAFÍA	74
	ANEXOS	75



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del tamaño de grano de sedimentos terrígenos. UDDEN- WENWORTH (1922).....	30
Tabla 2. Tamaño de cristales promedio para rocas ígneas y metamórficas.....	30
Tabla 3. Métodos comunes de muestreo.	51
Tabla 4. Valorización de los parámetros Q.....	62

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general de una de las perforaciones, ubicada en la ciudad de Ibagué sobre la Calle 103.....	16
Ilustración 2. Ubicación general del lote destinado para el proyecto, ubicado junto a la Urbanización Antonia Santos (Tunja).....	21
Ilustración 3. Plano topográfico con ubicación preliminar de perforaciones para un nuevo colegio en el municipio de Tunja.	22
Ilustración 4. Tipos básicos de deslizamientos propuestos por Varnes D.J.	36
Ilustración 5. Ubicación generalizada de la zona destinada para la prueba de permeabilidad	40
Ilustración 6. Localización general de la zona de estudio destinada para paso elevado de tubería de aguas residuales. Turmequé (Boyacá).....	41
Ilustración 7. Presentación de la sección "Litología" en el formato	45
Ilustración 8. Presentación de la sección "Formación Geológica" en el formato..	46
Ilustración 9. Presentación de la sección "Depósito Cuaternario" en el formato ..	47
Ilustración 10. Presentación de la sección "Características Generales del Terreno" en el formato	48
Ilustración 11. Espacio asignado para esquema en planta de la zona de estudio en el formato	48
Ilustración 12. Presentación de los espacios asignados para el esquemas del perfil en el formato	49
Ilustración 13. Método correcto de medición de longitud de núcleos. Fuente: Manual de Investigación del Suelo	61



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Perforación con taladro mecánico, se extrae el muestreador para posterior almacenamiento de núcleos de roca.	17
Foto 2. Perforación mecánica con taladro mecánico en zona de difícil acceso	17
Foto 3. Identificación de la zona de estudio y ubicación de los puntos para realizar perforaciones.	23
Foto 4. Inicio de perforaciones. Proyecto: Nuevo colegio en la ciudad de Tunja .	23
Foto 5. Zona destinada para determinar la permeabilidad de la capa superficial para manejo de vertimientos. Mina de carbón en Socotá (Boyacá).	40
Foto 6. Zona destinada para paso elevado de tubo de aguas residuales en el Municipio de Turmequé (Boyacá)	42
Foto 7 y 8. Prueba de permeabilidad en campo y trazador (azul de metileno) en la excavación conjunta en ensayo realizado en el municipio de Socotá.....	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Glosario de abreviaturas	75
Anexo 2. ES-IN-10 Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual).....	76
Anexo 3. ES-IN-11 Diligenciamiento del formato perfil de recuperación de núcleos (es-fr-32).....	78
Anexo 4. ES-FR-33 Formato de reconocimiento en campo.....	80
Anexo 5. ES-PR-02 Investigación de suelos y rocas para propósitos de ingeniería	82
Anexo 6. ES-IN-12 Exploración y muestreo mediante barrenos	85
Anexo 7. ES-IN-08 Ensayo de penetración normal (spt) y muestreo de suelos (actualización).....	87
Anexo 7.1. ES-IN-08 Ensayo de penetración normal (spt) y muestreo de suelos (versión anterior).....	89
Anexo 8. ES-IN-13 Obtención de muestras mediante tubo de pared delgada (shelby)	91
Anexo 9. ES-IN-14 Perforaciones con brocas de diamante para investigaciones en el sitio.....	94
Anexo 9.1. ES-FR-32 Perfil recuperación de roca.	96
Anexo 10. ES-IN-15 Conservación y transporte de muestras de suelo	97
Anexo 11. ES-IN-16 Conservación y transporte de núcleos de roca	99

RESUMEN

Durante la permanencia en la empresa López Hermanos LTDA se logró observar el procedimiento e importancia de realizar una exploración de campo la cual permita identificar las variables del terreno, las cuales se definirán a su vez con los ensayos hechos en el laboratorio junto a las respectivas consideraciones que debe tener cada proyecto. Se desarrolló un procedimiento de reconocimiento geológico cuyo fin es el suministro de información recolectada en campo de manera sencilla, rápida y útil, que facilita el proceso del manejo de dichos datos por parte de todo el personal involucrado, para que de esta manera la etapa de elaboración de los entregables finales sea mucho más eficiente, donde dicha información será fundamental a la hora de revisar las diferentes consideraciones sobre el estado actual de la zona de trabajo además de la influencia en la intervención para la nueva obra.

También se realizaron observaciones a los ensayos in situ ejecutados en los estudios de suelos en la fase de exploración, incluyendo principalmente al ensayo de penetración estándar (SPT), la recuperación de muestras en tubo de pared delgada, ensayo de veleta, pruebas de permeabilidad del terreno, almacenamiento y transporte de muestras, para lo cual se elaboraron diferentes procedimientos en base a la revisión de normas nacionales y manuales internacionales especializados en este amplio campo. La información consolidada en los procedimientos elaborados posteriormente se incluirá en la base de Sistema de Gestión de Calidad de la empresa.

Finalmente se proyectó capacitar al personal de manera tal que los procesos de ejecutar los ensayos in situ, recolectar información, realizar los procedimientos elaborados por el autor, se hagan de la manera correcta, asegurando en cierta medida la calidad de la información que se recopila en campo, permitiendo mejorar el trabajo que se viene realizando actualmente.

INTRODUCCIÓN

López hermanos LTDA es una empresa dedicada a la realización de estudios de suelos, ensayos de laboratorio, diseños de pavimento y perforación de pozos profundos desde 1981, cuya certificación se encuentra en proceso de actualización, dónde la constante mejora es parte de los grandes objetivos que se han establecido.

El reconocimiento del terreno es una de las etapas fundamentales al realizar un proyecto ingenieril, sin embargo, en la empresa aún no se ha establecido un proceso completo el cuál permita obtener información en campo de manera sencilla, siendo uno de los factores en los cuales se requiere mayor precisión, ya que es uno de los procesos que la empresa día tras día pretende mejorar.

El presente proyecto pretende principalmente mejorar dicho proceso, creando una metodología que permita adquirir la mayor cantidad de información disponible en campo que sea representativa para el proyecto, fundamentando que el manejo e interpretación pueda ser ejecutado por todo el equipo de trabajo, creando entonces el procedimiento que especifique de forma clara y concisa la información que se desea recolectar, además del formato final de reconocimiento geológico en campo el cuál compilará todas las características establecidas en el procedimiento.

Realizar el adecuado registro de todos los aspectos vistos en terreno, así como la ejecución de ensayos in situ, permite evaluar diferentes características que serán de gran importancia para fundamentar las recomendaciones durante todo el avance de la obra, que a partir de varios factores pretende mejorar la calidad de cualquier proyecto, dónde el proceso conjunto que inicia con la exploración, finalizando con las conclusiones a las cuáles se llegan luego de evaluar e interpretar todos los resultados del amplio trabajo que incluye un estudio de suelos, se verá reflejado en la elaboración de la obra así como su comportamiento con el paso del tiempo.



Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.



Debido a que la exploración tiende a verse influenciada por varios aspectos que se logran definir solamente en campo, como: el acceso del personal con equipos al sitio del proyecto, dificultades por aspectos topográficos, composición del suelo, conjunto a imprevistos que se presenten en terreno, es necesario establecer normas técnicas para recolección de datos; en este caso, las características de muestras de suelo y resultados de los ensayos in situ. La correcta ejecución de dichos ensayos será fundamental para la interpretación de la información en oficina. En Colombia se han establecido un conjunto de normas implementadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), que permite estandarizar varios procesos involucrados en la investigación del subsuelo, los cuáles serán la base principal para realizar los procedimientos e instructivos, permitiendo generar mejoras en la calidad de la información recolectada en la etapa de exploración.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una guía metodológica para el reconocimiento geológico en base a consultas y observaciones del trabajo de campo, que sea adaptado a los procedimientos internos de la empresa López Hermanos y realizar los instructivos junto a las sugerencias del desarrollo de los ensayos in situ, la toma de muestras, el transporte de las mismas, en base a la normatividad que rige en el país además de los diferentes entes internacionales especializados en la investigación de las propiedades del subsuelo.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Adecuar la guía metodológica actual de reconocimiento geológico a un procedimiento interno que optimice la recolección ordenada, concisa y sencilla de información de campo en la empresa López Hermanos LTDA.
- * Verificar la implementación de la guía metodológica con los proyectos ejecutados, realizando seguimiento continuo en los resultados obtenidos para cada uno de los componentes del procedimiento.
- * Elaborar los procedimientos e instructivos internos específicos para: descripción de suelos y rocas, desarrollo de ensayos in situ, recuperación y transporte de muestras, que son ejecutados en la empresa López Hermanos en base a las normas implementadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el manual para la investigación del subsuelo elaborado por el Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos (NHI), junto a otros documentos de departamentos internacionales.
- * Capacitar al personal de López Hermanos LTDA involucrado en la ejecución de un estudio de suelos, en el uso de la nueva metodología diseñada.

2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACIÓN

La práctica empresarial se realizó en las instalaciones del laboratorio LÓPEZ HERMANOS LTDA, ubicado en la ciudad de Tunja con dirección Av. Norte #48 – 57. Además, la práctica se complementó con visitas en campo a varias zonas de estudio en las cuáles fueron requeridos los servicios del laboratorio, incluyendo principalmente la ciudad de Tunja junto a varios municipios del departamento de Boyacá, Cundinamarca y Tolima.

2.2. DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO

En cada una de las áreas evaluadas durante el transcurso de la práctica fue posible establecer que cada punto de exploración varia, independiente de la cercanía que exista entre estos, y que siempre se deberá contar con información preliminar y por lo tanto una visita general de la zona de estudio, ya que a partir de las características topográficas. geomorfológicas (como pendientes estructurales), zonas de deslizamiento y demás, se podrá establecer la dificultad que tendrá la exploración, además del tipo de perforación que se ejecutará respecto a los materiales que se distinguen en afloramientos o excavaciones ejecutadas anteriormente. Con dicha información se puede establecer un plan de trabajo en campo el cual estará sujeto a cambios que se presentan a medida que se avanza en la investigación del subsuelo.

La descripción detallada de características en cada uno de los lugares dónde se ejecutó el plan de exploración juega un papel muy importante a la hora de crear una visualización completa de la zona de trabajo, y que permitiría a su vez establecer puntos críticos y demás recomendaciones para obras alternas que permitirían ejecutar con éxito cada uno de los proyectos en los cuales la empresa intervino.

A continuación, se observa la ubicación específica de uno de los proyectos ejecutados durante el mes de Diciembre en la empresa, consistía en la fase de exploración para “El plan maestro de movilidad de la Ciudad de Ibagué”, dónde se realizaron varias perforaciones alrededor del municipio, además, se recuperaron muestras de roca y suelo, con una duración de exploración de 21 días se logró realizar el reconocimiento de la zona, lo cual fue fundamental para fijar la estructura de la guía del reconocimiento geológico.

La ubicación establecida para cada uno de los sitios a explorar se realizó mediante levantamiento topográfico, dónde el principal objetivo era ejecutar las perforaciones sobre los ejes de las vías, ya que allí se localizarían los cimientos de estructuras como puentes y box culvert; de esta manera, se logró verificar que muchas de las zonas dónde se proyectan diferentes obras son de difícil acceso, y que se presentan varios casos dónde el reconocimiento geológico no se puede realizar de la manera esperada debido a la misma complejidad del terreno, para lo cual existen como alternativa los sistemas de información geográfica, que en el presente trabajo, aún no se realiza profundización en la implementación de este tipo de interpretación de manera inmediata.

Durante este proceso se realizó la visita a los puntos dónde se realizarían las perforaciones, de manera tal de identificar principalmente el tipo de roca o suelo sobre el cuál se iba a trabajar, y los diferentes factores que podrían afectar la integridad del proyecto, como fenómenos de remoción en masa activos, cárcavas, zonas de erosión, y demás características geológicas que se incluirían en los procedimientos finales del reconocimiento geológico. Además, se logró verificar el desarrollo del ensayo de penetración estándar en suelos granulares (arenas de grano grueso), lo que permitió la actualización del instructivo con el que ya contaba la empresa, dónde se espera mejore la calidad de los datos obtenidos en cada uno de los ensayos realizados.



Ilustración 1. Localización general de una de las perforaciones, ubicada en la ciudad de Ibagué sobre la Calle 103. El estudio se realizó con el fin de ejecutar el proyecto maestro vial de la ciudad. Coordenadas: N= 4°26'43.0", O= 75°10'23.4". Fuente: Google Maps.



Foto 1. Perforación con taladro mecánico, se extrae el muestreador para posterior almacenamiento de núcleos de roca. Fuente: López Hermanos LTDA.



Foto 2. Perforación mecánica con taladro mecánico en zona de difícil acceso. Fuente: López Hermanos LTDA.

3. METODOLOGÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Se observaron varios aspectos importantes que se deben tener en cuenta a la hora de realizar reconocimiento geológico, y para ello se han adaptado varios métodos los cuales se usan hoy en día para realizar dicha tarea, siendo comúnmente una interpretación fotogeológica donde la información que se obtenga será corroborada posteriormente con visita a campo. En el caso específico, la tarea desarrollada en López Hermanos consiste en un método menos riguroso sin la necesidad de ejecutar un levantamiento geológico detallado, si no uno que vaya de acuerdo a la magnitud del proyecto. La ayuda de varias herramientas como las fotografías aéreas o los Modelos de Elevación Digital (por sus siglas en inglés DEM) quedará restringida por la resolución que estas puedan llegar a tener.

De esta manera se buscó entonces un método más enfocado a la exploración geotécnica y dónde el **Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos (NHI)** en su Manual de Investigación del Suelo explica de tal manera que establece ciertos lineamientos muy similares a un levantamiento geológico, pero dónde la mayor parte de la información recolectada en campo también se verá complementada con las perforaciones ejecutadas. A su vez, varias compañías internacionales han desarrollado sus propios manuales para estudios de suelos, rigiéndose por los parámetros establecidos por los diferentes países, los cuales incluyen el capítulo de reconocimiento geológico, para este caso se usó también el Manual de Procedimientos en Campo para el proyecto de túneles para vehículos de carga pesada en Dallas elaborado por **Fugro Consultants**, el cuál describe de manera muy detallada las etapas ejecutadas en la investigación geotécnica. Además, el Manual de procedimientos para perforación y clasificación de suelos y rocas del **Departamento de Transporte de California (Caltrans)** se usó para la sección de descripción de muestras, específicamente rocas.



Ya que la exploración geotécnica siempre requerirá reconocimiento de la zona, estos manuales nombrados anteriormente también incluyen el capítulo de la ejecución de ensayos in situ, almacenamiento y transporte de rocas, los cuales se compararían con los establecidos en las normas del **Instituto Nacional de Vías (INVIAS)** y a partir de los cuáles se realizaron las observaciones a medida que se adelantaban la exploración, y dónde se podían comparar las pequeñas diferencias que existían entre estos y la manera como actualmente se ejecutan en la empresa López Hermanos LTDA.

Como entregables de estas observaciones se realizaron diferentes *procedimientos e instructivos*, siendo estos la base para la elaboración de los formatos para uso en campo, y que se incluirán en el Sistema de Gestión de Calidad de López Hermanos LTDA, con el fin que se tenga pleno conocimiento de las normas estandarizadas para estas etapas de la investigación, además de capacitar al personal que ejecuta dichas tareas y así se logre trabajar de manera conjunta entendiendo plenamente la información recopilada en terreno.

4. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

Las obras de ingeniería demandan el reconocimiento del suelo y sus características para lograr ser ejecutados, una de las etapas fundamentales es el trabajo e información que se logre obtener en campo, para ello, identificar la mayor cantidad de situaciones geológicas es fundamental a la hora de realizar observaciones sobre el estado y comportamiento del terreno, dónde en conjunto con el tipo de proyecto a realizar y su magnitud se establecerá el procedimiento para la investigación del sondeo, así como su grado de rigurosidad y detalle.

De manera general se pueden establecer tres condiciones que siempre se deben tener en cuenta a la hora de realizar una obra ingenieril:

1. **Geológicas:** Dónde será necesario describir los suelos y rocas, su estado actual (color meteorizado y fresco, diaclasamiento, planos de estratificación, dureza, y demás características dependiendo del tipo de roca o suelo sobre el cual se esté trabajando), así como rasgos estructurales (pliegues, fallas, contactos) y geomorfológicos.
2. **Hidrogeológicas:** Debido a la gran influencia que tiene el agua sobre las propiedades físicas y mecánicas de las rocas y suelos, es necesario establecer el nivel piezométrico, así se podrán elaborar obras secundarias para el manejo de infiltraciones y controlar al máximo su presencia en el terreno de obra.
3. **Geotécnicas:** A partir de los ensayos realizados en campo y laboratorio se logra tener certeza del comportamiento de los diferentes materiales, así como su comportamiento mecánico para lograr analizar las situaciones de cargas y esfuerzos a las cuáles se someterá, y así definir su rango de resistencia y deformabilidad.

El enfoque de la empresa López Hermanos LTDA es de ámbito geotécnico, dónde la finalidad de cada estudio es establecer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas dónde se tiene asignado el proyecto, para lograr

este fin, la primera etapa del estudio será el planteamiento inicial de la exploración, la cual incluirá la ubicación aproximada de las perforaciones respecto a la distribución de cargas propuestas por el Ingeniero Estructural, así como un lineamiento preliminar para la toma de muestras y ejecución de ensayos in situ; en esta etapa también se recopila información de la zona, como estudios hechos anteriormente, consulta a la plancha geológica para tener conocimiento general del tipo de litologías y suelos que se pretende encontrar durante la exploración, así como la topografía y acceso al terreno.

A continuación, se toma como ejemplo el estudio de suelos realizado en el municipio de Tunja para el diseño y construcción de un colegio hacia el suroriente de la ciudad.

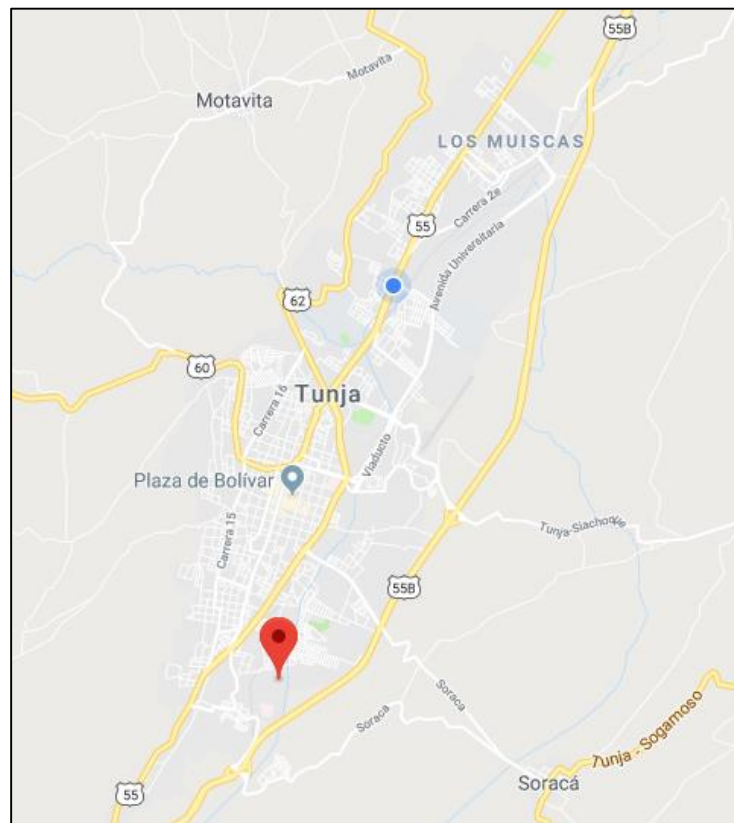


Ilustración 2. Ubicación general del lote destinado para el proyecto, ubicado junto a la Urbanización Antonia Santos en el municipio de Tunja, Calle 1A Sur. Coordenadas: N= 5°30'43.6", O= 73°21'46.6". Fuente: Google Maps.

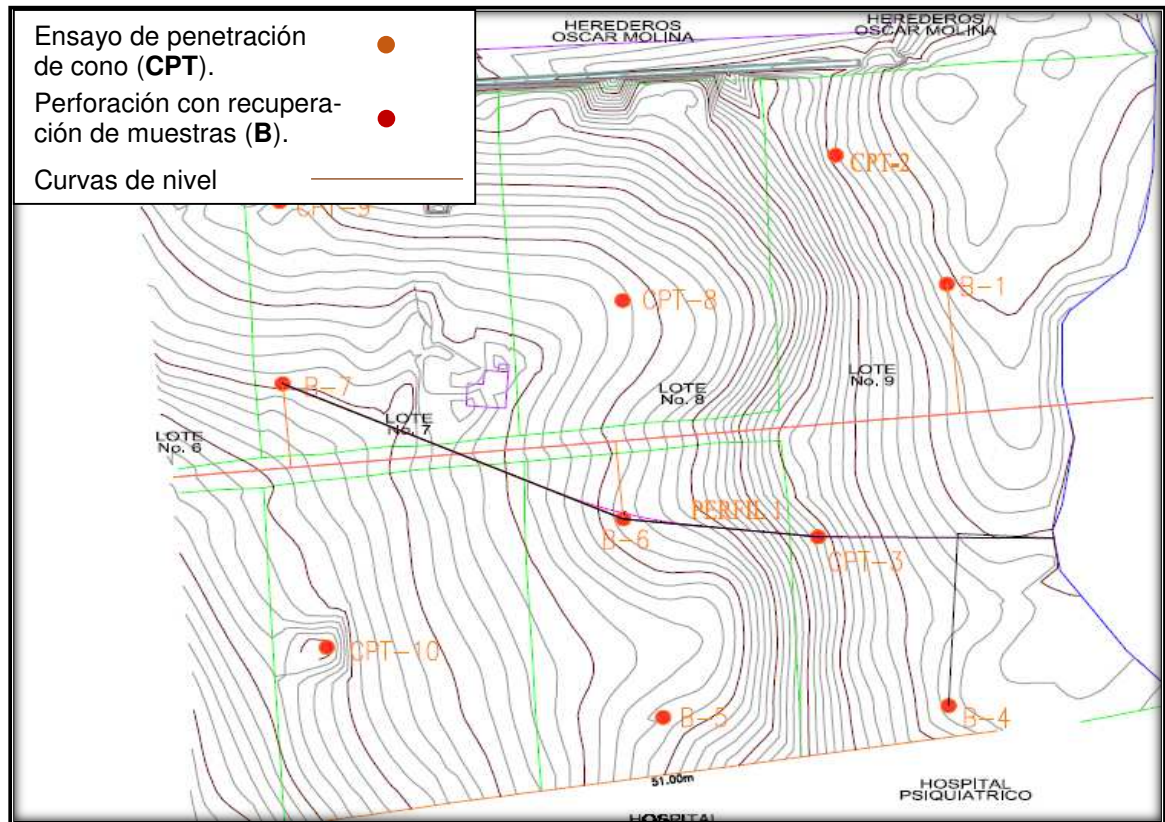


Ilustración 3. Plano topográfico con ubicación preliminar de perforaciones (**B**arrenos) y ensayos de penetración de cono (**CPT**) para proyecto que consiste en un nuevo colegio para el municipio de Tunja. Fuente: López Hermanos LTDA.

Luego se hará una visita al lugar dónde se ejecutará la obra, para así materializar los puntos específicos en campo donde se realizarán las perforaciones, y de ser necesario reubicar la localización planteada inicialmente en el plan de exploración. Regularmente se presentan estos casos por aspectos topográficos, geológicos, estructurales (edificaciones, redes eléctricas, tuberías subterráneas),



Foto 3. Identificación de la zona de estudio y ubicación de los puntos para realizar perforaciones. El lote es el mismo representado en el plano topográfico. Fuente: López Hermanos LTDA.

Posteriormente ya se dará inicio a la etapa de perforación y reconocimiento geológico en campo, dónde se describirán las litologías y rasgos de la zona y sus alrededores, así como accidentes topográficos, geológicos y demás.



Foto 4. Inicio de perforaciones. Proyecto: Nuevo colegio en la ciudad de Tunja. Fuente: López Hermanos LTDA.

En esta etapa es dónde se llevará a cabo el uso del formato de reconocimiento, dónde se buscan establecer las características claves del terreno, que en conjunto

con los resultados de laboratorio complementen la información requerida para realizar las estimaciones hechas por el ingeniero geotecnista, y que cuente con todos los datos necesarios para realizarlas.

De esta manera se plantea un formato sobre el cuál se definirán las siguientes características geológicas, consideradas por el autor, las más relevantes y representativas del terreno.

4.1. LITOLOGÍA

La correcta identificación de los materiales que componen la zona de estudio será imprescindible para finalmente describir los componentes del perfil estratigráfico, y posteriormente aclarar el nombre de la formación geológica o depósito sobre el cual se está realizando la exploración. Para la descripción de rocas se deben realizar varios pasos los cuales llevarán a definir el nombre de la roca y minerales aproximados que la componen, además de estimar el tamaño de grano y cristales visibles en las muestras de mano. De esta manera se adopta la siguiente metodología para descripción de suelos teniendo en cuenta lo descrito en la norma INVIAS (**INV E-102-13**) , y para rocas fundamentalmente el Manual de procedimientos para perforación y clasificación de suelos y rocas de **Caltrans**.

4.1.1. Descripción visual y manual de suelos:

Inicialmente se debe describir el color de la muestra especificando el estado de humedad que presentaba a la hora de identificarlo, este color preferiblemente debe ser tomado de la carta de color de suelos de Munsell.

Luego se determina el estado de humedad de la muestra clasificándola de la siguiente manera:

- **Seca:** La muestra no presenta ninguna sensación húmeda al tacto, además es polvorosa.



- *Húmeda*: La muestra deja la marca de agua en la mano, además de sentirse húmeda.
- *Saturada*: Se observa el agua en la muestra, generalmente se da en muestras recuperadas por debajo de la tabla de agua.

La consistencia de la muestra se define a partir de los siguientes resultados.

- *Muy dura*: La uña al hacerle presión contra la muestra no produce alguna hendidura.
- *Dura*: La uña deja alguna hendidura no tan profunda.
- *Firme*: La uña deja una marca de aproximadamente 6 mm de profundidad.
- *Blanda*: El dedo pulgar penetra entre 10 mm a 25 mm.
- *Muy blanda*: El dedo pulgar penetra más de 25 mm.

Describir el estado de cementación, y si la muestra presenta estratificación o laminación se debe anotar

- *Friable o débil*: La muestra se desmorona con facilidad.
- *Moderada*: La muestra se descompone al aplicar cierta fuerza con la mano.
- *Dura*: La muestra no se desmorona al aplicarle fuerza con la mano.

En caso de encontrar un suelo con alto contenido orgánico (turba), se deberá especificar y bastará con la identificación preliminar.

Una vez hechas estas anotaciones se establece si el suelo que va a describir contiene más del 50% de grano fino (limos y arcilla) si es así el suelo es de grano fino, si el contenido de finos es menor al 50% el suelo es de grano grueso (arenas y/o gravas).

A suelos de grano fino se le realizan las siguientes descripciones complementarias, retirando cualquier partícula de grano grueso, para tener resultados representativos de la matriz fina:

- **Resistencia seca:** elabore 3 esferas de aproximadamente 2.5 cm de diámetro y deje que se sequen completamente, si los suelos presentan terrones de este tamaño o mayores, también servirán para evaluar esta propiedad. Una vez listo el material proceda a realizar la prueba y describa:
 - *Muy alta:* Si la muestra no se rompe haciéndole presión con el dedo pulgar sobre una superficie.
 - *Alta:* La muestra se rompe solamente haciéndole presión sobre una superficie.
 - *Mediana:* La muestra se rompe haciéndole bastante fuerza con los dedos.
 - *Baja:* La muestra se desmorona con cierta facilidad con leve presión de los dedos.
 - *Nula:* La muestra se desmorona con el hecho de tocarla o manipularla.
- **Dilatancia:** Moldee una cuarta esfera de 12.5 mm, pero ahora apriétela y espárzala sobre la palma de su mano con la lámina de plástico o navaja, luego empiece a dar palmadas ligeras por debajo de la mano en la que tiene la muestra hasta que vea rastro de agua o también puede golpearla directamente con la otra mano de manera suave hasta que aparezca agua en la superficie. Se debe anotar la rapidez con la que aparece el agua de la siguiente manera:
 - *Rápida:* El agua aparece relativamente rápido y al apretarla desaparece.
 - *Lenta:* El agua aparece luego de cierto tiempo, pero desaparece de manera lenta o no desaparece.
 - *Nula:* La muestra no presenta algún cambio.

- **Plasticidad:** Elabore rollos de 3 mm aproximadamente, remoldeelos al menos 2 veces y anote según lo observado, la muestra se clasificará entonces en:
 - *Alta:* Se pueden elaborar, moldear y remoldear los rollos luego de cierto tiempo.
 - *Media:* Se logra elaborar el primer rollo, pero luego de alcanzar los 3 mm de grosor no se deja remoldear nuevamente.
 - *Baja:* Se pueden formar rollos, pero es muy complicado moldearlos, además la muestra no se deja manejar a menos que tenga la humedad del límite plástico.
 - *No plástica:* No se pueden formar rollos de 3 mm de diámetro a ninguna humedad.
- **Tenacidad:** Se debe describir la presión que se debe hacer al formar los rollos del límite plástico y se anota de la siguiente manera:
 - *Alta:* Se debe hacer bastante presión para formar el rollo de 3 mm
 - *Mediana:* Se requiere cierta presión para moldear el rollo cerca a los 3 mm
 - *Baja:* Los rollos se pueden hacer con poca presión hasta que alcancen los 3 mm

Para suelos granulares se deben hacer las siguientes:

Si el contenido de grava es mayor a la arena el suelo es **grava**.

Si el contenido de grava es igual o menor al de la arena el suelo es **arenoso**.

Además, en caso de que la arena o grava contenga aproximadamente 15% o más de finos debe especificarse en la descripción.

El procedimiento para descripción de muestras se adjunta como Anexo 2.

4.1.2. Descripción visual y manual de rocas

Para esta sección se adaptan las metodologías usadas en la descripción de muestras extraídas mediante perforación con broca de diamante y recuperación de núcleos, usadas por el Manual de Investigación del Suelo de la **NHI**, Manual de Procedimientos en Campo de **FUGRO** consultants y el Manual de procedimientos para perforación y clasificación de suelos y rocas de **Caltrans**, ya que cada uno de estos maneja características descriptibles en rocas que son de amplio uso en el ámbito geológico a la hora de identificar muestras de mano, a continuación se describen estas propiedades:

- **Tipo y nombre de la roca:** Se debe identificar el tipo de roca y los minerales que la conforman, de ser posible revisar las asociaciones litoestratigráficas correspondiente a la formación o a los materiales que conforme el depósito aluvial.
- **Color:** Fundamentalmente identificar si el color de la roca es fresco o meteorizado, una vez hecha la aclaración, combinar colores básicos para la descripción será suficiente.
- **Estado de meteorización:** El grado de alteración producido por acción química del aire, agua, plantas, animales, bacterias y/o la acción mecánica causada por las variaciones de temperatura y fuerzas físicas, generan deterioro físico de las rocas. El proceso de meteorización conlleva eventualmente a la completa desintegración de la masa de roca desarrollando suelos¹. Esta característica se debe describir claramente, realizándola sobre la superficie de la roca y además fracturarla para buscar una superficie “fresca” para analizar el grado de alteración. Se toman tres estados de meteorización de la roca:
 - **Fresco:** No hay señal visible de meteorización

¹ Fugro Consultants. Manual de procedimientos en campo, apéndice G, pág. 3. Julio 2003



- *Débilmente meteorizado*: La meteorización se observa sólo en caras superficiales o en las principales fracturas.
- *Ligeramente meteorizado*: La meteorización es avanzada en fracturas profundas, pero no afecta de manera considerable la superficie de la roca.
- *Moderadamente meteorizado*: La meteorización penetra en la roca, pero aún no presenta friabilidad.
- *Altamente meteorizado*: La meteorización se extiende por la roca y en este punto ya presenta algo de friabilidad.
- *Completamente meteorizado (descompuesta)*: La roca está completamente descompuesta y es friable, pero aún conserva la textura y estructura de la misma.
- *Suelo residual*: Materiales componentes de suelo que aún conservan la estructura, textura y composición mineralógica de la roca madre.
- **Tamaño de grano y/o cristales, textura**: Para rocas sedimentarias se manejará la escala de tamaño de grano definida por Udden – Wenworth y usada ampliamente en el campo para definir los rangos de tamaño de diferentes clastos.

Diámetro			Clase		roca
mm	micras	Ø			
4.096	--	- 12	GRAVA	Bloques	CONGLOMERADOS
256	--	- 8			
64	--	- 6		Cantos	
4	--	- 2			
2	--	- 1	Arena muy gruesa		ARENISCAS
1	--	0	ARENA	Arena gruesa	
0.5	500	1		Arena media	
0.25	250	2		Arena fina	
0.125	125	3		Arena muy fina	
0.062	62	4	Limo grueso		LUTITAS
0.031	31	5	Limo medio		
0.016	16	6	FANGO	Limo fino	
0.008	8	7		Limo muy fino	
0.004	4	8		Arcilla	
					ARCILLITAS

Tabla 1. Clasificación del tamaño de grano de sedimentos terrígenos. UDDEN-WENWORTH (1922) Fuente: Researchgate

Para la clasificación de tamaño de grano y textura en rocas ígneas y metamórficas se usará el tamaño de grano propuesto en el Manual de Caltrans:

	Tamaño promedio de cristales S (in)
Grano muy grueso/Pegmatitas	$3/8 \leq S$
Grano grueso	$3/16 < S \leq 3/8$
Grano medio	$1/32 < S \leq 3/16$
Grano fino	$1/250 < S \leq 1/32$
Afanítico	$S \leq 1/250$

Tabla 2. Tamaño de cristales promedio para rocas ígneas y metamórficas. Fuente: Manual de perforación y clasificación de rocas y suelos. Sección 2, pág. 27. (Caltrans).

- **Dureza en campo de la roca:** Es una medida de resistencia de la roca a ser rayada o a la abrasión. Se establecen los siguientes parámetros:
 - *Muy dura:* La roca no se puede rayar con una navaja o punta filosa, además al tratar de extraer la muestra de mano se requieren varios golpes con el martillo.
 - *Dura:* La raya el cuchillo con dificultad, es necesario dar un golpe fuerte con el martillo para recuperar la muestra.
 - *Moderadamente dura:* Se logra hacer una incisión de ¼" aproximadamente, la muestra de mano se recupera con un golpe moderadamente fuerte del martillo.
 - *Medianamente dura:* Se hacen incisiones aplicando algo de fuerza con la navaja, los golpes necesarios para extraer la muestra son moderados a ligeros.
 - *Blanda:* Se raya con facilidad usando la navaja, además la muestra se rompe aplicando fuerza con las manos.
 - *Muy blanda:* La muestra se extrae fácilmente usando la navaja, se puede rayar con la uña y se fractura haciendo poca presión con los dedos.

- **Estratificación, laminación, foliación y bandeamiento:** El termino de estratificación aplica únicamente para la disposición que presentan los materiales en rocas sedimentarias, se debe especificar el tamaño de cada uno de los estratos o de las láminas que forman las intercalaciones de sedimentos.

Para rocas ígneas y metamórficas se deberá describir si presentan foliación o bandeamiento, ya que esto permitirá realizar una descripción más acertada de la roca.

- **Discontinuidades:** Se debe especificar el tipo de fractura que presenta la roca, entre estas están:
 - *Junta:* Fractura natural en la que no ha ocurrido movimiento, pueden ocurrir en lineamientos paralelos, a lo cual se le llama familia.

- *Cizalla*: Fractura natural dónde ha ocurrido movimiento hacia diferentes lados.
- *Falla*: Fractura natural dónde ha ocurrido movimiento sobre la misma superficie.
- *Junta de estratificación*: Fracturas presentes a lo largo de la superficie de estratificación.
- *Junta de clivaje*: Fracturas paralelas a la superficie de clivaje de las rocas.
- *Zona de cizalla*: Zona de fractura de rocas y desgaste sobre el plano de desplazamiento.

Una vez identificado el tipo de discontinuidad se deberán anotar las características específicas como orientación, rugosidad, espaciamiento entre fracturas y la distancia entre fracturas, el relleno que haya entre estas. También se debe tener las disoluciones ocasionadas en rocas químicas como la caliza. Un levantamiento de discontinuidades se deberá realizar cada vez que sea necesario para la obra ingenieril, ya que permitirá además definir una secuencia de fracturamiento correlacionable a la información que se obtenga en la perforación.

Características importantes a resaltar: En esta sección se definen algunas propiedades de las rocas, como lo es la presencia de fósiles o de minerales accesorios, la presencia de nódulos, zonas de brecha los cuales permiten realizar una descripción mucho más detallada de las muestras de mano.

El procedimiento para descripción de rocas se adjunta como Anexo 3.

4.2. FORMACIONES GEOLÓGICAS Y DEPÓSITOS CUATERNARIOS

En esta sección es necesario la consulta de estudios previos, así como la carta geológica y memorias disponibles en el geoportal del Servicio Geológico Colombiano o mapas realizados para el Ordenamiento territorial. Tener

conocimiento estimado de la zona correspondiente al estudio y los posibles materiales encontrados en campo y que se apoyan con las demás características descritas allí mismo es fundamental ya que con estos datos se tiene la base para adelantar el reconocimiento.

Una vez se haya descrito la litología, se logrará rectificar si los materiales encontrados corresponden a la formación geológica definida anteriormente en oficina, dónde en conjunto con los rasgos topográficos y accidentes geológicos se logrará realizar el reconocimiento completo, además de recolectar datos sobre las formaciones que presenten estratificación o foliación para el posterior análisis de información.

Identificar los cambios en la topografía de la zona; generalmente en áreas compuestas por materiales arcillolíticos o limosos, ya sean formaciones o depósitos de materiales no consolidados, la topografía es plana o con pendientes bajas a medias, además de presentar en el caso de los depósitos bloques en superficie producto del arrastre de materiales de lugares más altos los cuales aportan gran porcentaje del material acumulado. En formaciones más competentes conformadas por areniscas o calizas es posible identificar el cambio de pendiente, caracterizado por escarpes y contrastes abruptos con depósitos de ladera o con formaciones de materiales finos. También en el caso de rocas ígneas generalmente presentan alto grado de meteorización, generan suelos residuales de importantes espesores, pero debido a los agentes atmosféricos tienden a generar formas de montañas redondeadas en algunas zonas.

Verificar los rasgos en oficina, así como los detalles de la carta geológica es de gran importancia, ya que esta es la información que se tiene del terreno y las formaciones o materiales sobre los cuales se ejecutará la obra. Conocer el tipo de suelo y roca de manera preliminar a la hora de ejecutar la perforación para la investigación del subsuelo logra establecer un rendimiento y además reconocer imprevistos durante el avance de dicha exploración, ya que la presencia de

fracturas y demás se podrá contemplar con un reconocimiento geológico representativo del lugar específico de perforación.

4.3. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.

El reconocimiento de rasgos geológicos regionales y locales también serán de gran ayuda a la hora de realizar un análisis completo de todos los factores influyentes en la obra, para ello, es importante identificar las estructuras geológicas que mayor afectación produzcan en la zona, como los son los pliegues, las fallas y los contactos entre formaciones.

Nuevamente los cambios y características topográficas serán de gran ayuda, debido a que las fallas presentan lineamientos que se pueden identificar en las imágenes satelitales, y que están plenamente registradas en la carta geológica, deduciendo de allí el comportamiento de los esfuerzos en la zona, y de esta manera permitiendo visualizar fallas de menor escala que a su vez estén afectando el área.

Los contactos entre formaciones se pueden generalmente visualizar con los cambios de pendientes, materiales superficiales, perfiles de suelo, cobertura vegetal y cortes expuestos de las rocas, dónde se defina que en esta zona si existe el cambio de litología, registrando así el cambio entre formaciones geológicas.

Las estructuras plegadas se reconocen por las formas del relieve, ya que en ciertas ocasiones es posible ver la secuencia y estado del plegamiento representado en la topografía del terreno, en otros casos se cuentan con los cortes y afloramientos que dejan a la vista las estructuras que se han generado con el paso del tiempo, y finalmente encontrar una relación con los esfuerzos actuantes de la zona.

El reconocimiento de las estructuras permitirá definir, junto a los datos estructurales que se tomen en los alrededores, la dirección e inclinación

preferencial de los estratos, y de esta manera apoyados con la información recolectada en campo generar el perfil promedio del suelo o roca a profundidad, dato bastante importante para conocer el estado actual del subsuelo que es una de las finalidades del estudio, ya que a partir de esto junto a los resultados de los ensayos realizados in situ y a las muestras en laboratorio se determinan las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, para definir así el tipo de cimentaciones y las dimensiones que están deberán tener.

4.4. RASGOS GEOMORFOLÓGICOS

El reconocimiento de geoformas influye de gran manera ya que nos permite deducir el comportamiento preferencial de los materiales en la zona de estudio, y de esta manera establecer que puntos de debilidad de acuerdo a imprevistos geológicos se deben tener en cuenta.

Las interacciones de las rocas con los agentes atmosféricos presentarán varios sistemas formadores de paisajes, dónde dependiendo de la incidencia de estos se evalúa el comportamiento de dichos materiales, y reconocerlos en terreno debe ser obligatorio. Este reconocimiento nos permite definir los fenómenos de remoción en masa que pueden estar presentes en la zona, así como identificar de manera correcta si los depósitos cuaternarios son de tipo aluvial, coluvial, coluvioglacial, fluviolacustre, etc., todo esto a partir del comportamiento principalmente de drenajes y cauces, además del viento y el hielo.

Los fenómenos de remoción en masa se definen en la sección geomorfológica ya que se describen en terreno en base a la morfología que presentan los suelos y rocas cuándo uno de estos fenómenos se presenta, ya que generalmente afecta los primeros metros de profundidad, dónde los materiales (suelos o rocas) presenta descomposición por meteorización o simplemente por la disposición que estos tengan, a lo que se le suma la pendiente y porcentaje de saturación que esté presente, finalmente se generará un deslizamiento.

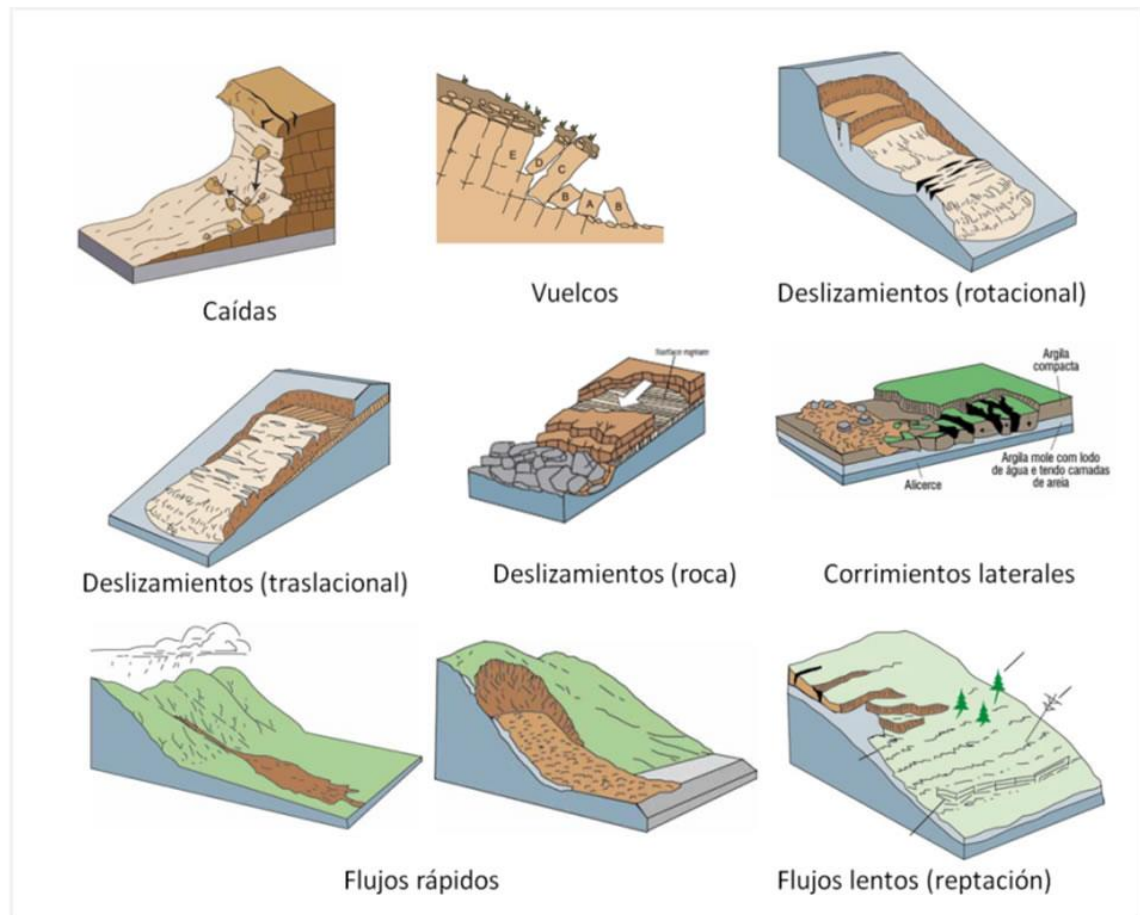


Ilustración 4. Tipos básicos de deslizamientos propuestos por Varnes D.J. (1978). Fuente: Clasificación de movimientos en masa USGS (2008)

5. ASPECTOS DE GUÍA METODOLÓGICA

El desarrollo de la guía metodológica para reconocimiento geológico en campo se realizó en base a las características que aún no se tenían en cuenta en ninguno de los formatos del Sistema de Gestión de Calidad de la empresa López Hermanos LTDA y considerados tanto por el autor como por el Coordinador Técnico Ingeniero MSc. Libardo Adolfo López, fundamentales para analizar las características del terreno en conjunto con la etapa de exploración y perforación. Para elaborar este formato se tuvieron entonces en cuenta aspectos generales del levantamiento geológico y adecuado a un trabajo menos exhaustivo, ya que en casos específicos un levantamiento geológico completo para análisis estructural de laderas y taludes será requerido, y para ello ya se cuentan con metodologías muy específicas y exactas para obtener toda la información. Sin embargo, este formato contiene las características más comunes a tener en cuenta para generar consideraciones importantes del comportamiento del terreno, que se complementarán más adelante con los resultados de los ensayos in situ y de laboratorio.

5.1. ÍTEMS DEL FORMATO GUÍA METODOLÓGICA

Luego de realizar varias visitas a campo en zonas definidas para proyectos en los cuales se solicitaba el servicio de López Hermanos LTDA tanto para el proceso de perforación como para la ejecución de ensayos y generación de informes, fue posible crear una lista de características geológicas a considerar para los proyectos, y de esta manera se clasificaron en secciones definidas de la siguiente manera:

5.1.1. Litología

El formato inicia con la identificación de las principales rocas que conforman el terreno siguiendo métodos básicos para estimar la composición mineralógica, el estado de meteorización en la que se encuentra y finalmente establecer el tipo de roca que conforma el área de estudio, independientemente que se trate de una

formación o depósitos no consolidados se considera que identificar el tipo de material que se presenta en la zona será fundamental a la hora de observar el avance de la perforación y la influencia que las rocas y suelos puedan tener en el rendimiento de la misma, además que es indicador importante para definir con certeza la formación o depósito sobre la cual se elaborará el proyecto.

Durante las visitas a campo hechas en la pasantía se logró trabajar principalmente con rocas sedimentarias y además rocas ígneas en la ciudad de Ibagué, donde siguiendo la metodología con muestras de mano la mayoría de las veces se logró establecer la relación litológica con la formación sobre la cual se tenía información previa y que se suponía, se ubicaba en las zonas específicas de los proyectos. Dicho reconocimiento se usó para encontrar la continuidad estratigráfica en las perforaciones realizadas, donde cada cambio de material se registraría, permitiendo tener un perfil mucho más completo de la zona. Debido a factores meteorológicos o antrópicos, en varias ocasiones en zonas cercanas se visualizaban cortes exponiendo la roca a poca profundidad, pero una vez se iniciaban operaciones de perforación nos encontrábamos con suelos (generalmente residuales) de espesores considerables no identificados con anterioridad, pero que permitían deducir un cambio no sólo entre formaciones y/o depósitos, si no que establecía un grado estimado de meteorización al cuál están expuesto los materiales.

La identificación de detalles característicos como fósiles o minerales asociados a la estratigrafía, permitirán avanzar más hacia el conocimiento de la formación sobre la cual se realizará la exploración, además de permitir identificar zonas donde se presentan varias discontinuidades o fracturas, estableciendo un comportamiento preliminar de los materiales y cómo actúan ante los diferentes procesos geológicos.

5.1.2. Formación geológica

Una vez hecha la correcta identificación de las rocas y materiales que se encuentran visibles en la zona y alrededores, se establece y confirma la formación

sobre la cual se desarrollará la investigación del subsuelo, de tratarse de una formación es conveniente anotar todos los detalles que se diferencien y que afecten directamente a las rocas.

En las visitas realizadas a campo no siempre se contaba con afloramientos o cortes cercanos a los lugares establecidos para las perforaciones, pero a medida que avanzaba la perforación, se iban reconociendo los materiales que se estaban interviniendo, lo cual convenientemente permitía conocer finalmente la formación o depósito. También, si se lograba visualizar un afloramiento de roca se identificaban las discontinuidades, grado de meteorización, el espesor aproximado de suelo, la estratificación y/o foliación. Una vez se identificaba la formación se procedía a continuar con el reconocimiento de estructuras, así como irregularidades que se presentaban en las áreas de estudio.

5.1.3. Depósitos cuaternarios

Cuando el proyecto se realizaría sobre depósitos no consolidados se procedía a realizar la caracterización de los materiales, apoyados en los rasgos geomorfológicos que describían las zonas. Especialmente se identificaba el tamaño predominante de clastos, si estos estaban soportados entre ellos o si por el contrario estaban embebidos en una matriz, la geometría que definían los bloques y gravas, y la composición de la matriz que componía el depósito.

En dos ocasiones en los municipios de Socotá y Pajarito (Boyacá) se ejecutaron pruebas de permeabilidad sobre depósitos cuaternarios, con el fin de establecer la tasa de infiltración para obras que requerirían almacenar o discurrir agua sobre el terreno, en las dos oportunidades los materiales tenían alta permeabilidad relacionada con el contenido apreciable de sedimentos tamaño arena y grava; estos depósitos eran de tipo coluvial, en superficie descansaban bloques de gran tamaño (entre 2 y 3 metros) y en cortes hechos para las vías de acceso era posible identificar la continuidad de los materiales. Este reconocimiento permite relacionar los resultados del ensayo in situ con el comportamiento general de estos materiales no consolidados, los cuales tienden a poseer alta permeabilidad y

por ende a profundidad tienden a comportarse como acuíferos, dando así certeza a los datos obtenidos durante la prueba.

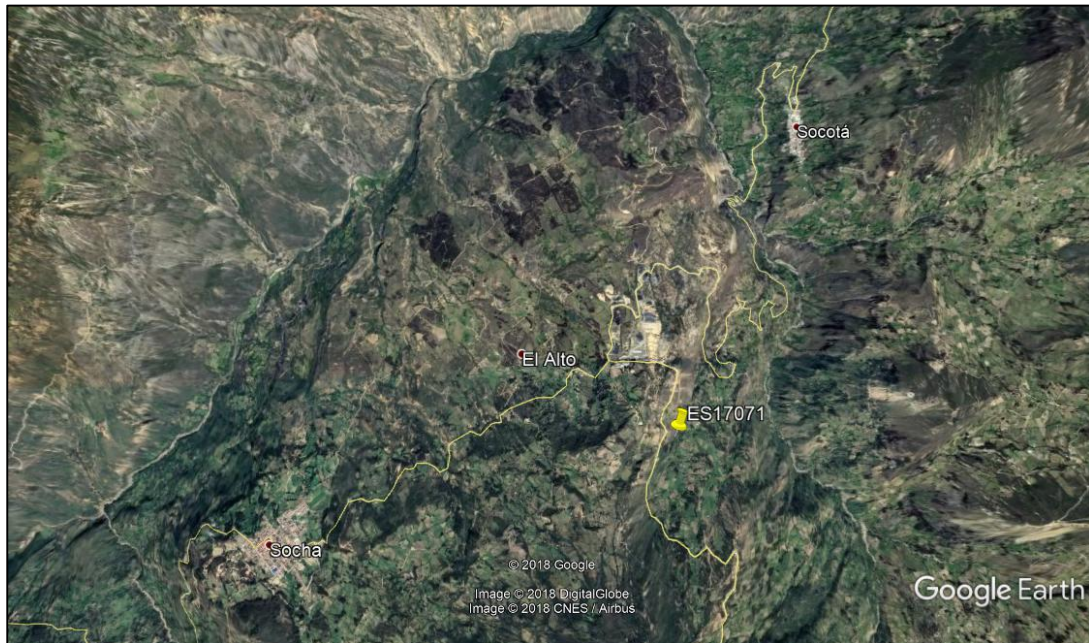


Ilustración 5. Ubicación generalizada de la zona destinada para la prueba de permeabilidad, correspondiente a infiltraciones en capa superficial. Fuente: Google Earth/López Hermanos LTDA.



Foto 5. Zona destinada para determinar la permeabilidad de la capa superficial para manejo de vertimientos. Mina de carbón en Socotá (Boyacá). Fuente: López Hermanos LTDA.

En otra visita a campo dónde se adelantaba una obra del diseño de estructuras para tubería de aguas residuales en el municipio de Turmequé (Boyacá) se observó que dicho proyecto en uno de sus flancos se ejecutaba sobre un depósito coluvial el cual habría presentado anteriormente un deslizamiento, ya que este se encontraba en cercanía a la socavación producida por un delgado hilo de agua que era afluente a la quebrada que generaba un cañón, que modelaba un paisaje con altas pendientes. Además del depósito, cuyo espesor no superaba los 12 metros, se encontraba la formación compuesta por arenitas de grano fino, y que en áreas cercanas presentaban escarpes de considerable altura. Toda esta descripción visual permite identificar puntos críticos en el diseño, además de contribuir con el análisis para establecer las estructuras u obras complementarias necesarias para la estabilidad del proyecto.

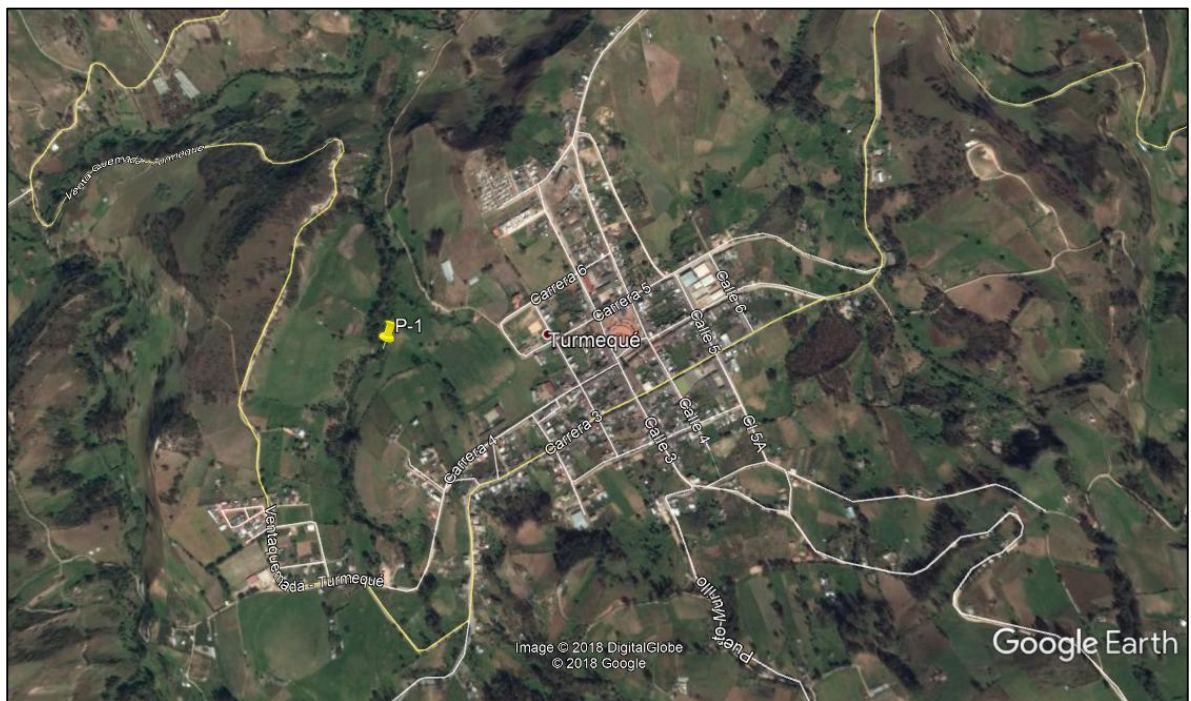


Ilustración 6. Localización general de la zona de estudio destinada para paso elevado de tubería de aguas residuales. Municipio de Turmequé (Boyacá). Fuente: Google Earth/López Hermanos LTDA.



Foto 6. Zona destinada para paso elevado de tubo de aguas residuales en el Municipio de Turmequé (Boyacá). Fuente: López Hermanos LTDA.

5.1.4. Características generales del terreno

En esta sección se establece anotar varias características complementarias observadas en campo, y que se consideran importantes y relevantes para continuar con la interpretación de información que el terreno nos proporciona. Estas características esbozan de manera general las estructuras geológicas que se puedan presentar en la zona, evidencias de pliegues anticlinales, sinclinales recumbentes, y demás, así como los contactos entre formaciones y fallas que afectan de manera local o que lleguen a presentar alguna influencia en la estabilidad del terreno. Cabe aclarar que en todos los proyectos no se encontrarán cada uno de los aspectos nombrados en esta guía metodológica, en zonas con grandes tejidos urbanos, como Tunja, resulta imposible reconocer afloramientos en zonas de edificaciones y la identificación de formación o depósito se restringe a la información revisada de estudios anteriores y los materiales que se recuperan de la perforación.

En este apartado del formato también se da espacio para anotar las características topográficas que presenta el terreno, el cual estará relacionado con el tipo de materiales que se presentan en la zona, también los Fenómenos de remoción de masa que se logren identificar o los cuales se encuentre en un rango de influencia cercana a la obra y el estado en el que estos se encuentran (activos, inactivos). La sección geomorfológica queda principalmente para identificar el tipo de sistema modelador del paisaje, y destacar los principales agentes que influyen en este proceso, esto con el fin de entender la manera como se han comportado los materiales con el paso del tiempo, además de entender la procedencia y manera de acumulación en el caso de depósitos cuaternarios.

5.1.5. Herramientas complementarias para descripción tanto de rocas como suelos

Inicialmente en el laboratorio se establecieron ciertas herramientas para la descripción de suelos, pero posteriormente se habló sobre un kit de campo que conjuntamente sirviera para identificar rocas. Este cuenta con herramientas básicas solamente para la descripción e identificación de suelos y rocas. Se constituye de un gotero con ácido clorhídrico para materiales que posean carbonatos o fosfatos en su composición, una escala del tamaño de grano propuesto por Udden-Wenworth dónde además se incluyen la geometría para describir estos granos o cristales, una espátula de 10 cm para esparcir la muestra sobre una superficie para realizar los ensayos de plasticidad, dilatancia, tenacidad y cortar muestras de suelos. Adicionalmente se incluye un spray de aceite con el fin de aplicarlo sobre la superficie interna de los tubos de pared delgado y que de esta manera funcione como lubricante para la extracción de muestras y a su vez funcione como anticorrosivo.

El uso de información y mapas obtenidos del Servicio Geológico Colombiano y Ordenamientos territoriales de cada municipio es indispensable tanto para el trabajo preliminar de campo como para el trabajo inmediato en terreno.

6. GENERACIÓN DEL FORMATO GUÍA METODOLÓGICA

La empresa López Hermanos LTDA maneja altos estándares, lo cual implica que el Sistema de Gestión de Calidad cada vez vaya mejorando y ampliando, de esta manera la guía metodológica debe presentar una estructura basada en los formatos usados actualmente en la empresa, además del proceso de inclusión del documento en el sistema por medio de una solicitud hecha a la administradora que posteriormente verificará el archivo original y el documento en PDF, de ser aprobado aparecerá en el servidor de la empresa y su uso quedará autorizado desde la fecha inmediata.

Ya que es un formato cuya recopilación de información se hará en campo, este deberá imprimirse en hojas tamaño carta; inicialmente cuenta con dos hojas, en la primera se encuentra la parte teórica descriptiva de la zona, la segunda cuenta con dos espacios para elaborar un esquema geológico en planta y en perfil de todas las características observadas en terreno. Este formato se adjunta al paquete que actualmente se maneja para la etapa de investigación del subsuelo, en Estudio de Suelos – Formatos.

6.1. ADAPTACIÓN DE LOS ÍTEMS AL FORMATO

El formato se distribuye en una secuencia de características, las cuales se representan por recuadros dependiendo de la información a obtener, con las visitas a camp hechas, se determinaron los siguientes ítems generales para cada uno de los recuadros, y que finalmente permiten desarrollar el formato de reconocimiento geológico de tal manera que la recolección de información sea la más representativa. Para no hacer extenso el formato, este se responderá de manera abierta, lo que conlleva a que la persona que lo diligencie cuente con las aptitudes necesarias para identificar correctamente cada uno de los aspectos aquí mencionados.



Se divide en 4 secciones, las cuáles se completarán a medida que las áreas del proyecto las permitan describir, y se disponen de la siguiente manera:

Litología: en esta sección se incluyen los puntos específicos para conocer el tipo de roca y las características más representativas consideradas, correspondiente a:

- Tipo de roca
- Color (fresco y meteorizado)
- Dureza
- Grado de meteorización
- Textura
- Fracturas
- Otros (fósiles, minerales o demás que considere relevantes)

 LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</small>	Formato del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos	
	Elaboración Estudios de Suelos			
	Formato de Reconocimiento Geológico en campo			VERSIÓN 1
			ES-FR-32	Hoja __ de __
<p>Estudio de suelos No.: _____ Fecha: _____</p> <p>Proyecto: _____ Localización: _____</p>				
LITOLOGÍA:				
Tipo de roca: _____				
Color: _____				
Dureza: _____				
Grado de meteorización: _____				
Textura: _____				
Fracturas: _____				
Otros (fósiles, minerales, varios): _____				

Ilustración 7. Presentación de la sección "Litología" en el formato. Fuente: López Hermanos LTDA.



Formación Geológica: Una vez hecho el reconocimiento de las rocas, se procede a establecer la formación sobre la cual se ejecuta la exploración del subsuelo, acá no se incluyen características del terreno, solamente la descripción del estado general de la formación en un afloramiento o corte. Se diligenciará entonces:

- Nombre de la formación
- Estratificación o foliación, dependiendo del tipo de roca
- Discontinuidades
- Meteorización, acá se deberá establecer explícitamente el estado actual de la superficie de terreno, y especificar si ya ha alcanzado el estado de suelo residual.

FORMACIÓN GEOLÓGICA:	
Nombre:	_____
Estratificación/Foliación	_____
Discontinuidades	_____
Meteorización:	_____

Ilustración 8. Presentación de la sección "Formación Geológica" en el formato. Fuente: López Hermanos LTDA.

Depósito Cuaternario: En los casos dónde el proyecto se ejecutará sobre depósitos no consolidados se hará la siguiente descripción:

- Tipo de depósito
- Clasto o matriz soportado
- Tamaño de los clastos
- Tipo de matriz

DEPÓSITO CUATERNARIO:	
Tipo de depósito:	_____
Clasto o matriz soportado:	_____
Tamaño de los clastos:	_____
Tipo de matriz	_____

Ilustración 9. Presentación de la sección "Depósito Cuaternario" en el formato. Fuente: López Hermanos LTDA.

Características generales del terreno: Finalmente en esta sección se describirán las propiedades topográficas y geomorfológicas, así como la representación de posibles fenómenos de remoción en masa:

- Características topográficas:
- Rasgos geológicos (acá se describirán las principales estructuras, como pliegues y fallas, y también la disposición de diaclasas o fracturas significantes para el área).
- Rasgos geomorfológicos: Con este ítem se pretende conocer un poco más del ambiente que dio forma a las estructuras que se encuentran en la zona, así como la influencia de los drenajes y demás factores atmosféricos.
- Evidencia de fenómenos de remoción en masa: En esta sección se escriben las irregularidades del terreno que puedan conllevar a la detonación de un movimiento en masa, como lo son el desprendimiento de material, altas pendientes, deslizamientos anteriores, infiltraciones o socavaciones importantes, y demás consideradas necesarias para estimar el tipo de movimiento.
- Estado actual de movimiento: Se definirá si el movimiento está activo o por el contrario ya fue estabilizado.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TERRENO:	
Características topográficas:	<hr/>
Rasgos geológicos (fallas, pliegues, diaclasas):	<hr/> <hr/>
Rasgos geomorfológicos (tipo preferencial de sistema formador de paisaje):	<hr/> <hr/>
Evidencia de fenómenos de remoción en masa:	<hr/> <hr/>
Estado actual del movimiento:	<hr/>

Ilustración 10. Presentación de la sección "Características Generales del Terreno" en el formato.
Fuente: López Hermanos LTDA.

Se incluye espacio para realizar el esquema en planta y perfil para lograr complementar la descripción en el informe con el apoyo de las fotografías tomadas del área de estudio y las zonas circundantes.

ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO		
PLANTA		
		

Ilustración 11. Espacio asignado para esquema en planta de la zona de estudio. Fuente: López Hermanos LTDA.

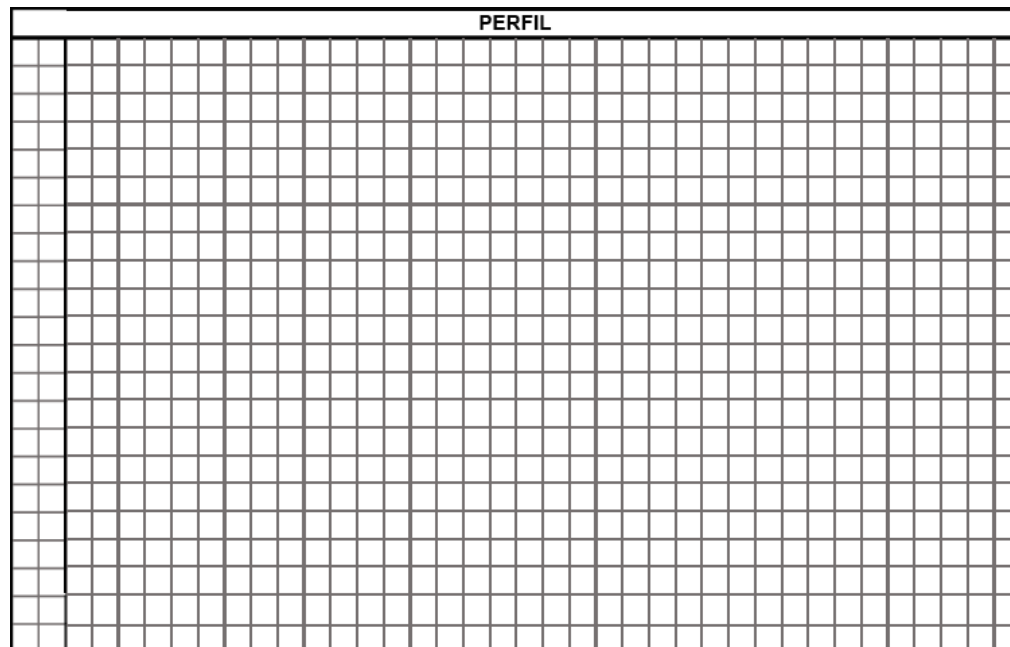


Ilustración 12. Presentación del espacio asignado para el esquema en perfil del formato. Fuente: López Hermanos LTDA.

El formato final de reconocimiento geológico en campo para el uso de la empresa López Hermanos se encuentra como Anexo 4.

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL FORMATO

Una vez realizado el proceso en la empresa López Hermanos LTDA para incluir el formato en el Sistema de Gestión de Calidad se usó en los estudios que permitieran realizar el reconocimiento geológico, dónde cada una de los aspectos incluidos se desarrollaron en campo obteniendo valiosa información de manera rápida y sencilla, información que anteriormente no se registraba o se interpretada de manera contradictoria. Además, inicialmente se plantea el límite que representa trabajar en zonas con densa infraestructura, ya que incluso se realizan estudios dentro de edificios en zonas residenciales, dónde es imposible identificar alguna estructura geológica local, en estos casos se ha realizado la identificación y descripción de muestras como apoyo para completar el apartado de la formación o depósito, y definir si por el contrario sólo se encuentran suelos de grandes espesores.



Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.



La implementación de la metodología para el reconocimiento geológico logra hacer énfasis en características muy importantes del terreno las cuales tendrán influencia en varias obras, además de poder establecer un parámetro inicial del comportamiento a futuro durante y luego de realizar el proyecto. El reconocimiento hecho en varias salidas al campo permitió ir adecuando las características que se incluirían en el formato, y con ayuda del Coordinador Técnico se especificaban los datos más relevantes que también consideraba importantes aclararlos una vez se esté en campo, ya que él se encargaba del análisis e interpretación de información conjunta obtenida en campo y laboratorio, y a partir de la cual establecía los parámetros para construcciones de cimentaciones, y demás obras de estabilización del terreno requeridas. Completar el formato resulta relativamente sencillo, ya que las características indagadas son muy específicas, además que la información con la cual se completa es entendible por todas las personas involucradas en la interpretación de estos datos en oficina. El formato aún no ha presentado correcciones, y al parecer los ítems necesarios se han incluido.

7. DESARROLLO Y SUGERENCIAS DE ENSAYOS IN SITU

La etapa de exploración aplicada por la empresa López Hermanos LTDA incluye el desarrollo de ensayos in situ, obteniendo así información para correlacionar con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, por esta razón la correcta ejecución de estas pruebas en campo será de gran importancia y representativas para el posterior análisis e interpretación. Se elaboraron procedimientos para estos ensayos, dónde se establece la correcta practica establecida por el INVIAS y las diferentes compañías y departamentos internacionales especialistas en este campo, acogándose principalmente por los estándares establecidos de la ASTM citados en cada uno de los manuales y normas consultados.

Para tomar muestras sobre suelos existen varias herramientas, a continuación, se muestra una tabla que toma como referencia de los más comunes en la exploración geotécnica.

<i>Muestreador</i>	<i>Tipo de muestra</i>	<i>Suelos aptos para su uso</i>	<i>Método de penetración</i>	<i>(%) Uso estimado</i>
<i>Cuchara partida</i>	Alterado	Arenas, limos, arcillas	Martillo dirigido	85
<i>Tubo de pared delgada</i>	Inalterado	Suelos de gradación fina	Empuje mecánico	6
<i>Empuje continuo</i>	Parcialmente inalterado	Arenas, limos, arcillas	Empuje hidráulico	4
<i>Piston</i>	Inalterado	Limos y arcillas	Empuje hidráulico	1
<i>Pitcher</i>	Inalterado	Arcillas compactas, limos, arenas, roca parcialmente meteorizada	Rotación y presión hidráulica	<1
<i>Denison</i>	Inalterado	Arcillas compactas, limos, arenas, roca parcialmente meteorizada	Rotación y presión hidráulica	<1
<i>Modificado de California</i>	Alterado	Arenas, limos, arcillas y gravas	Martillo dirigido	<1
<i>Barreno continuo</i>	Alterado	Suelos cohesivos	Perforación con barrenos huecos	<1
<i>Bloque</i>	Inalterado	Suelos cohesivos	Herramientas de mano	<1

Tabla 3. Métodos comunes de muestreo. Fuente: Manual de Investigación del Suelo. NHI. Mayo 2002. Capítulo 3, pág. 3_11.

El ensayo de determinación de la designación de calidad de la roca (RQD) se realiza en el apartado de Recuperación, almacenamiento y toma de muestras, en la sección de recuperación de núcleos de roca.

Se adjunta procedimiento general para investigación del subsuelo como Anexo 5.

Se adjunta procedimiento para exploración y muestreo como Anexo 6.

7.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y RECUPERACIÓN DE MUESTRA (Actualización de instructivo).

El SPT es un método útil para la obtención de valores estimados de resistencia del suelo realizando las debidas correcciones y correlaciones, a su vez, actualmente es el método más usado para la recuperación de muestras alteradas en varios países, porque a pesar de su antigüedad, es uno de los más prácticos ya que permite realizarse sobre suelos finos y granulares, además que su ejecución es sencilla, la norma que estandariza este ensayo es la ASTM D1586. López Hermanos LTDA cuenta con una versión de la ejecución de este ensayo (se adjunta como **Anexo 7.1**), pero se incluyeron y actualizaron algunas propiedades en base al manual de la **NHI**, estableciendo el seguimiento del ensayo de la siguiente manera:

- Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo. Normalmente cada metro, cuando haya un cambio de estrato, o cuándo el suelo cambie al menos dos propiedades.
- Limpie el orificio ya perforado hasta la profundidad requerida para el muestreo usando el método preferido. Asegúrese de que el material del muestreo no este alterado.
- Si se encuentran aguas freáticas en el fondo, debe registrar la profundidad a la cual se encuentran

- Coloque el tubo (cuchara partida) de muestreo de manera que su extremo descansa en el fondo de la perforación. Registre la profundidad a la cual llegó.
- Marque sobre la tubería tres (3) tramos de 15 cm c/u iniciando sobre la superficie del terreno o punto de referencia
- Conecte el martillo a la tubería e inicie el proceso de caída del martillo cuyo peso debe ser de 63,5 kg. La altura de caída es de 76 ± 3 cm. Revise dicha altura antes de iniciar cada ensayo, o ranura la varilla guía para establecer la altura requerida. La caída del martillo debe realizarse de manera rítmica.
- Registre el número de golpes necesarios para penetrar cada tramo de 15 cm.

El procedimiento para ensayo de penetración estándar se adjunta como Anexo 7.

7.2. ENSAYO DE VELETA DE CAMPO

A partir de la realización de este ensayo se pueden obtener datos índices de la resistencia al corte in situ, en condiciones no drenadas propias del terreno, aplicable en suelos relativamente blandos como suelos finos (limosos o arcillosos). Los datos obtenidos con este ensayo se corregirán. Si el ensayo se realiza sobre arenas no será representativo, ya que estos materiales permiten el drene parcial, se recomienda recuperar muestra antes o después de realizar el ensayo para evaluar sus propiedades físicas, entre ellas la plasticidad. La finalidad del ensayo es generar el torque necesario para cortar la superficie, dicho torque posteriormente se convertirá en resistencia unitaria al corte realizando el análisis de equilibrio límite. Durante el tiempo de residencia en la empresa López Hermanos LTDA se realizó esta prueba en el municipio de Gachancipá (Cundinamarca) sobre un limo arcilloso grisáceo saturado, en inmediaciones a la

ronda del río Bogotá. A partir de este ensayo se establece el siguiente procedimiento para la ejecución del método, en base a la norma INV E – 170 – 13.

- Se avanza la perforación hasta la profundidad dónde considere realizar la primera prueba, teniendo presente la influencia del tipo del material y la condición de saturación que presente.
- Una vez alcanzada la profundidad asegúrese de que esta quede limpia en el fondo, con el fin de que el material remoldeado no genere interrupciones o alteración de los datos por ejecutar la prueba sobre estos.
- Presione la varilla hasta la profundidad dónde va a realizar la prueba, se aconseja que la veleta completa quede 10 centímetros por debajo de la profundidad dónde se inicia la prueba. Se debe ser cuidadoso en no hincar la veleta generando vibración o torque.
- El tiempo de espera entre la penetración de la veleta y el inicio de la generación de torque no debe superar los 5 minutos.
- Se inicia la prueba generando un giro de 0.1° grado por segundo. Cuando el suelo falla se anotará el torque máximo que aparece en el plano digital en unidades de $N \cdot m$.
- Posteriormente se deberá determinar la resistencia residual o remoldeada, para esto se rota rápidamente la veleta de 5 a 10 revoluciones, dicho valor mostrado en el panel será la resistencia residual.
- Finalmente se toman muestras extraídas durante la perforación, o si la veleta logra extraer algo de suelo también servirá para la posterior clasificación y toma de humedades de la muestra.

Con este procedimiento se espera que en los posteriores ensayos se controle mejor los tiempos de ejecución, sobre todo los de generación de torque máximo, ya que es el dato que mayor importancia tiene en la prueba.

7.3. ENSAYO DE PERMEABILIDAD DE ESTRATOS SUPERFICIALES

Calcular la tasa de infiltración en terrenos sobre los cuales se planea trabajar con el manejo de agua es necesario calcular el índice de permeabilidad de los materiales con el fin de saber la pérdida que se producirá en estos suelos, para determinar este parámetro la empresa maneja diferentes metodologías, unas usadas para cálculo de abatimiento en pozos profundos, y otros para perforaciones a poca profundidad el cuál será el caso acá explicado.

El método consiste en calcular el tiempo transcurrido en el que agua pasa de una excavación a otra, atravesando el suelo sobre el cual se hará la obra, siguiendo el procedimiento establecido en la empresa el ensayo se ejecuta de la siguiente manera:

- Se realiza una perforación de 2 a 3 metros (esta profundidad varía dependiendo de los requerimientos específicos de la obra) con un diámetro de 2".
- Se realiza una segunda perforación ubicada entre 0.50 m a 1 m de distancia de la primera excavación, deberá quedar a la misma profundidad que la primera perforación y buscando que exista desnivel entre estas.
- Si existe nivel freático, será de referencia para las medidas, ya que además de calcular el tiempo de traspaso de agua entre la pared, también se puede calcular el abatimiento estimado para cierto tiempo.
- Terminadas las perforaciones se llenará la que quede sobre el punto con mayor altura, para así generar desnivel en la red de flujo, a esta se le aplicará el trazador (azul de metileno o anilina), se da inicio al ensayo, se inicia el cronometraje del tiempo en el que llegue el trazador a la segunda perforación, a su vez se van tomando las pérdidas de nivel de agua en la primera perforación para así recolectar datos para el abatimiento.

Con este tiempo, las medidas de profundidad en la que se encontraba el agua, o el fondo de la perforación en casos donde no se cuente con nivel freático, la distancia entre perforaciones, se tendrán las incógnitas para hallar posteriormente el valor de la permeabilidad y así un parámetro de infiltración en los materiales. Los valores de abatimiento se visualizan en una curva, que servirá de ayuda para interpretar el comportamiento del suelo respecto a la pérdida de agua.



Foto 7 y 8. Prueba de permeabilidad en campo y trazador (azul de metileno) en la excavación conjunta en ensayo realizado en el municipio de Socotá. Fuente: López Hermanos LTDA.

Debido a que es un método que apenas se está iniciando a aplicar como prueba complementaria, quedará a comparación con datos obtenidos en el laboratorio mediante pruebas de permeabilidad la verificación de resultados y que tanto difieren, para de esta manera realizar ajustes al método en campo.

8. RECUPERACIÓN, ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE MUESTRAS

8.1. MUESTRAS ALTERADAS MEDIANTE CUCHARA PARTIDA

Estas son las muestras obtenidas mediante la ejecución del ensayo de penetración estándar, dichas muestras debido al modo cómo se extraen sólo permiten dar valores de resistencia mediante el ensayo, las muestras que se llevan a laboratorio se usan principalmente para hallar los límites de consistencia y elaborar granulometría, para así realizar la clasificación de suelo.

La muestra se recupera desarmando la cuchara partida, se retira el material cuidadosamente y se dispone sobre el papel aluminio, se sella, se diligencia y adhiere el rótulo para así envolverla en papel vinipel. Esto se hace con el fin de generar un selle hermético para evitar la pérdida de humedad de los materiales.

Para la recuperación de la muestra actualmente se está considerando la propuesta de usar recipientes plásticos de selle hermético con capacidad de 2 kg, para así disminuir el uso de papel, y generar cierto ahorro en los costos que esto conlleva.

8.2. MUESTRAS PARCIALMENTE INALTERADAS RECUPERADAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA

La metodología usada para la recuperación de muestras mediante este muestreador se describe a partir de la norma INV E 105-13 y lo observado en prácticamente todos los estudios realizados en el tiempo de la pasantía, ya que es una de las maneras más rápidas y sencillas de recuperar muestras inalteradas, aunque se limita a suelos finos blandos, el uso es ampliamente aplicable, sobre todo en los primeros metros, dónde la obtención de muestras representativas para los ensayos de propiedades mecánicas es indispensable, ya que la mayoría de las obras proyectadas planeaban cimentarse en profundidades cercanas a superficie, generando así la necesidad de obtener los parámetros de estas capas y estratos superficiales. Siguiendo principalmente los lineamientos establecidos en la norma,

se genera el siguiente procedimiento para la toma de muestras mediante tubos de pared delgada:

- Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo. Normalmente cada metro, cuando haya un cambio de estrato, o varíen al menos dos características del suelo muestreado.
- Limpie el orificio ya perforado hasta la profundidad requerida para el muestreo usando el método preferido, evitando inyectar agua para esta acción. Asegúrese de que el material del muestreo no este alterado.
- Si se encuentran aguas freáticas en el fondo, debe registrar la profundidad a la cual se encuentran y muestrear preferiblemente por debajo de este nivel.
- Coloque el tubo de pared delgada (Shelby) de manera que su extremo descanse en el fondo del orificio y quede completamente vertical. Registre la profundidad a la cual llegó.
- Generalmente se recupera la muestra avanzando a una carga constante (a presión) pero en suelos muy duros se deberá avanzar hincando el tubo de pared delgada teniendo en cuenta la siguiente relación de profundidad para diferentes tipos de suelos:
 - Arenas: De 5 a 10 diámetros del tubo. De 30 cm hasta 60 cm si es firme.
 - Arcillas: De 10 a 15 diámetros del tubo. De 30 cm a 45 cm.
- Si la muestra se recupera por medio de hincado conecte el martillo a la tubería e inicie el proceso de caída del martillo. La altura de caída deberá ser anotada al igual que el peso del martillo, la profundidad de penetración y el número de golpes en el formato de PERFILES DE CAMPO ES- FR-01.

- Retire el muestreador tan cuidadosamente como sea posible, con el fin de minimizar la pérdida de material. Si cuenta con suficiente tiempo espere entre 5 y 10 minutos para extraer el muestreador.
- Una vez tenga afuera el tubo de pared delgada proceda a limpiar la parte superior dentro del tubo para eliminar el material remoldeado, aproximadamente 6 mm, se debe hacer lo mismo con la parte inferior de la muestra donde el material será usado para realizar la descripción preliminar del suelo.
- Proceda a sellar ambos costados del tubo de manera que sea hermético, con papel aluminio y vinipel.
- Finalmente diligencie el rótulo para identificación de muestras y adhiérala al tubo que contiene la muestra, almacenándola en un lugar fresco y seco hasta que llegue al laboratorio.

De manera general la sugerencia que al parecer debería aplicarse es el tiempo de espera para extraer el muestreador, ya que en ocasiones debido al comportamiento del suelo este se empieza a expandir la tubería y muestra empezará a presentar dificultad para ser extraída, en estos casos se podría utilizar el aceite como lubricante del tubo de pared delgada, con el fin de hacer esta tarea menos dispendiosa y que a su vez requiera menos esfuerzo físico. También, a la hora de sellar las muestras se recomienda hacer tapones de plástico (PVC) reforzados en su interior con teflón con el fin de crear vacío y cierre hermético en ambas caras del muestreador, para así no perder ninguna propiedad del suelo.

El procedimiento para recuperación de muestras con tubo de pared delgada se adjunta como Anexo 8.

8.3. RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS DE ROCA Y DESIGNACIÓN DE CALIDAD DE LA ROCA (RQD)

Cuándo en el avance de la perforación el ensayo de SPT genera rechazo, y el muestreador no recupera material, se evalúa la posibilidad de haber encontrado bloques de roca o secuencia de material consolidado, para estos casos se recuperan núcleos, los cuales serán identificados y descritos correctamente, además de realizar el RQD en campo como medida preliminar del estado de la litología. El procedimiento mediante el cual se realiza el avance y recuperación de muestras por este método se adapta de la norma del INVIAS INV E – 108 -13:

- Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo.
- En el primer contacto suelo roca, se deberá avanzar 1.52 metros, y a la siguiente muestra se deberán recorrer máximo 3.05 m.
- Si se encuentra un suelo blando que corresponda al 50% o más de un avance, se deberán recuperar muestras por medio de los métodos establecidos para suelos, y si se vuelve a encontrar un material que de rechazo se deberá volver a conectar la broca, y así de manera sucesiva hasta llegar a la profundidad requerida.
- La perforación mediante rotación y lavado consiste en circulación de lodo de perforación muestras la broca corta la roca, en López Hermanos LTDA se recuperan núcleos de diámetro HQ con avances generalmente de 1.5 metros a 3.00 en materiales homogéneos, o a menores intervalos al registrar cambio de material.
- En caso de que las fisuras no permitan recuperar el registro continuo, deberá cementarse, revestirse o avanzar con intervalos de toma muestras más cortos con el fin de recuperar el mayor porcentaje de roca y así tener registro más amplio de la estratigrafía.

- Retire la tubería y la broca con la muestra cuidadosamente, desarme la broca y extraiga el núcleo.
- Una vez tenga afuera el núcleo proceda a realizar la descripción de la roca en el perfil de campo, de manera muy detallada (como si fuese la muestra de mano), así como las estructuras que estas tengan, las juntas, fisuras, cavidades y áreas falladas.
- Se realiza el procedimiento de RQD:
 - Mida los tramos, y tenga en cuenta aquellos cuya longitud es mayor a 10 cm, la medición deberá hacerse de la siguiente manera:

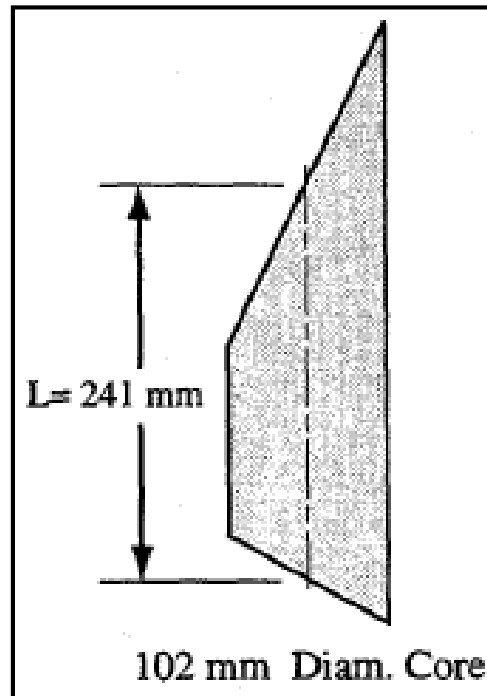


Ilustración 13. Método correcto de medición de longitud de núcleos. Fuente: Manual de Investigación del Suelo. NHI. Mayo 2002. Capítulo 3, pág. 3_26

- Luego, sume las longitudes mayores a 10 cm y divídalas sobre la longitud total del avance, y finalmente multiplique por 100 y así obtendrá un valor para referirse a la siguiente tabla:

RQD %	Calidad
< 25	Muy mala
25-50	Mala
50-75	Media
75-90	Buena
90-100	Muy buena

Tabla 4. Valorización de los parámetros Q (Según Barton, Lien y Lunden). Fuente: González de Vallejo. Ingeniería Geológica. 2004. Pág. 326

- Anote el número de fracturas en la roca recuperada del avance.
- Escriba el nombre de la roca recuperada.
- Ahora deberá realizar la descripción de la muestra:
 - Para rocas sedimentarias anote si corresponde a un conglomerado, arenita, arcillolita, lutita, limolita, y si es posible especifique su tamaño aproximado guiándose de la Escala granulométrica. Si es de tipo ígneo o metamórfico se debe especificar, de ser posible anotar el nombre y los principales minerales que las componen, se anexa una lista de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas encontradas comúnmente en campo junto con los minerales típicos de algunas de ellas.
 - Defina el estado de humedad de la muestra (seca, húmeda o saturada), si dicha humedad presenta variaciones perceptibles entre muestra y muestra deberá anotarse.
 - Luego, se entenderá que el color a identificar corresponde al estado de humedad el cuál presenta la muestra al momento de describirla, para dicha característica podrá ayudarse de la Tabla de color simplificada la cuál le permitirá evaluar los diferentes tonos que se

pueden presentar, y de esta manera se establece una idea general del color para usarse a su vez en los perfiles de suelo preliminares realizados en oficina antes de revisar nuevamente las muestras en laboratorio.

- Se debe anotar si el núcleo presenta algún tipo de laminación, estratificación, fracturas rellenas u oxidaciones.

- Describir el estado de cementación:

Friable o débil: La muestra se desmorona con facilidad.

Moderada: La muestra se descompone al aplicar cierta fuerza con la mano.

Dura: La muestra no se desmorona al aplicarle fuerza con la mano.

- Aplique Ácido clorhídrico en caso de contener carbonatos.
- Finalmente anote el tiempo de inicio y finalización de cada avance, con esto se tendrá una idea muy general del tipo de roca que se está perforando.
- Proceda a guardar el núcleo en la caja de muestras de manera que la parte que primero se extrajo quede al costado izquierdo en la parte inferior, o bien, las muestras más recientes se van ubicando en la parte superior izquierda con el fin de llevar el registro de extracción de los núcleos y de no perder ninguna propiedad de la muestra.
- Finalmente diligencie el rótulo para identificación de muestras y adhiérala al núcleo extraído, tome el registro fotográfico y almacene la caja de muestras en un lugar fresco y seco hasta que llegue al laboratorio.

López Hermanos LTDA tiene más de 35 años funcionando como laboratorio de suelos, y a través de los años la incursión de perforación de pozos profundos los ha llevado a tener gran conocimiento en este campo, por lo tanto, cada una de las

perforaciones en las que se recuperaron muestras fueron realizadas de manera correcta. La incursión que hicimos en campo fue la toma de datos para elaborar el RQD de una manera más eficaz y exacta, ya que allí se tenía el núcleo extraído del avance listo para realizar el ensayo, además de conocer el orden que traía para así ubicarlos inmediatamente en las cajas de almacenamiento. Con esta idea se elaboró un formato para la realización de esta práctica llamado Perfil de Recuperación de núcleos, incluido actualmente en el sistema de gestión de calidad, en dicho documento se describen las características de las rocas, y se especifican los datos necesarios para realizar el ensayo, sea en campo o posteriormente en oficina, además de elaborar un perfil estratigráfico de los materiales encontrados durante el avance.

El procedimiento para recuperación de rocas se adjunta como Anexo 9.

El formato para diligenciamiento de núcleos se encuentra como Anexo 9.1.

8.4. CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO

La manera como se transporten y almacenen las muestras será un factor importante para que estas conserven propiedades físicas y mecánicas, para que sigan considerándose como muestras inalteradas se deberán seguir lineamientos establecidos por el INVIAS en la norma INV E 103-13, dónde clasifican las muestras de acuerdo a los ensayos que se realizarán de la siguiente manera:

- **Grupo A:** Muestras para descripción visual. (Cuchara partida y material correspondiente a los 6 mm del extremo inalterado del tubo de pared delgada).
- **Grupo B:** Muestras para determinar contenido de humedad, clasificación, compactación, densidad, expansibilidad, consolidación, permeabilidad, CBR, etc. (Cuchara partida, tubo de pared delgada, lonas y molde CBR).
- **Grupo C:** Muestras intactas, formadas de manera natural o en campo para determinar peso unitario, y los ensayos mencionados anteriormente

incluyendo ensayos dinámicos y cíclicos. (Tubo de pared delgada y molde CBR).

- **Grupo D:** Muestras frágiles o muy sensibles, para realizar ensayos del grupo C. (Tubo de pared delgada y CBR).

A partir de la clasificación anterior el INVIAS, en base a la norma **ASTM D4220-95(2007)** establece parámetros para la conservación de cada uno de los grupos:

- **Grupo A:** Las muestras pueden transportarse en cualquier tipo de recipiente mediante cualquier tipo de transporte.
- **Grupo B:** Se deben conservar en recipientes los cuales no permitan ninguna pérdida de humedad, pueden ser bolsas plásticas, frascos de vidrio o plástico. Las muestras cúbicas o cilíndricas se deben envolver en papel vinipel, papel de aluminio y además cubrirse con varias capas de parafina. Se pueden transportar mediante cualquier medio.
 - Los tubos de pared delgada se pueden sellar con plásticos expandibles, discos parafinados, tapas de metal, caucho o plástico para sus extremos, o algodón y parafina para sellar ambos lados.
- **Grupo C:** El tratamiento debe ser igual al del grupo B, protegiéndolas ante choques, vibración y temperaturas extremas. Se pueden transportar en los asientos del automotor con la condición de ir en cajas de cartón o similares encajando ajustadamente, evitando cualquier tipo de impacto. La caja se puede llenar con aserrín para dar así amortiguación a la muestra.
- **Grupo D:** Se deben seguir lo establecido para el grupo C además de que las muestras deberán tener la misma orientación a la que fueron extraídas, marcando las cajas indicando el techo y piso de la muestra.

- Las cajas podrán ser de madera, metal o plástico y deberán ser reutilizables, también deben ser elaboradas de tal manera que las muestras no cambien su posición una vez ubicadas, debe tener suficiente material para amortiguar cualquier impacto y también para evitar cambios de temperatura.

Actualmente en la empresa no se practica el sellamiento con parafina, pero se han intentado buscar soluciones para el sellamiento hermético, además de transportar los tubos de pared delgada de manera vertical y cajas adecuadas con el fin de proporcionar el menor grado de alteración a la hora de realizar el transporte, y esencialmente para que las muestras no pierdan humedad o desmoronen dentro de los tubos muestreadores, o al ser extraídas estas se alteren o se fracturen por causa del mal almacenamiento y transporte.

El procedimiento para conservación y transporte de muestras de suelo se adjunta como Anexo 10.

8.5. CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE NÚCLEOS DE ROCA

Los núcleos de roca son muestras las cuáles se pueden emplear tanto para el reconocimiento geológico como para la ejecución de ensayos rigurosos, este último aspecto obliga a que las muestras presenten el menor grado de alteración inducido por el transporte y almacenamiento, ya que las pruebas realizadas en laboratorio se deben ejecutar sobre núcleos que presenten la relación de longitud 2 veces el diámetro y que además aún conserve la humedad natural. Para que se conserven estas condiciones los núcleos deberán llegar completos al laboratorio, ya que generalmente por mal transporte se rompen con las vibraciones y choques de las cajas. Tener muestras representativas significan mayor precisión en los resultados obtenidos en laboratorio, así que independientemente de la obra, el almacenamiento y transporte de muestras es un factor clave durante todo el proceso de ejecución del estudio.

El INVIAS establece en la norma INV E – 113 -13 la modalidad de practica adecuada para esta labor, los núcleos de roca se clasifican dependiendo del tipo de muestra y el tratamiento que se debe dar, definido de la siguiente manera:

- *Cuidado crítico:* Requerido para muestras frágiles o susceptibles a las alteraciones producidas por los cambios de temperatura o presencia de fluidos.
- *Cuidado rutinario:* Se realiza para muestras que no son frágiles ni sensibles, y cuyas propiedades no se verán alteradas antes de realizar los ensayos en laboratorios.
- *Cuidado como si fuese suelo:* Se aplica para muestras poco consolidadas, o completamente meteorizadas, para lo cual se seguirá el muestreo sugerido para suelos y los procedimientos para transporte y almacenamientos descritos para estos.
- *Cuidado especial:* Se realiza para muestras sensibles a agentes externos y que necesariamente serán sometidas a ensayos de laboratorio.

El correcto procedimiento inicia desde la extracción de la muestra del tubo, verificando que se realiza con el menor grado de alteración.

- Se deben tener listos los recipientes para almacenamiento de núcleos, las cajas plásticas o de madera que posean la suficiente firmeza son útiles, estas deben tener empaques dentro de cada ranura para que encajen correctamente y no sea vulnerables a los choques, o desacomodamiento de las mismas durante el transporte, también se puede usar aserrín o láminas de caucho para generar amortiguación.
- Las muestras se organizan de manera que las más superficiales se ubiquen en la parte superior izquierda, es necesario que con un marcador permanente se marque el techo y la base de los núcleos, además señalar la profundidad de cada uno de los avances se debe poner madera o tubos

de cartón en los espacios dónde no se recuperó muestra. La caja contenedora se debe marcar debidamente para no llegar a confundirlas.

- También, según lo que se observó en campo durante la pasantía hecha en la empresa, el registro fotográfico de los núcleos ordenados de cada avance debidamente identificado es muy importante, ya que así se tiene soporte para reorganizar y programar los ensayos a las muestras, además de constatar el color y el estado inicial del núcleo.
- Las muestras se deben almacenar en lugares donde no se tenga contacto directo con el sol y que se encuentren en un lugar dónde la caída de materiales altere las cajas y las muestras.
- Para núcleos de cuidado rutinario con el correcto empaque en las cajas y manejo de almacenamiento será suficiente para no alterar la muestra.
- Los materiales de cuidado especial deberán sellarse con vinipel y luego con papel aluminio, evitando que queden bolsas de aire. Si la muestra requiere almacenamiento prolongado se deberá aplicar posteriormente una capa de cera.
- Las muestras de cuidado crítico dependen principalmente del encaje dentro de las cajas plásticas, el cuidado de choques, y el aislamiento térmico a posibles variaciones y de ser necesario aplicar el sellamiento del núcleo.
- El transporte de las muestras se realiza dependiendo del cuidado que requieran, generalmente la carga y descarga representan grandes riesgos, por ello se debe supervisar la actividad y reportar cualquier caída de las cajas. En todas las ocasiones se debe contar con un vehículo de buena amortización, y si la vía por la cual se transitará inevitablemente generará movimientos bruscos se deben sostener las cajas a la carrocería para evitar el movimiento, la conservación de núcleos dependerá ya del estado del empaque dentro de las cajas.

El personal encargado de los estudios de suelos en López Hermanos LTDA tiene clara la necesidad del buen transporte y almacenamiento de muestras, por lo tanto, se ha venido experimentando con diferentes materiales y métodos para lograr conservar cada una de las propiedades de las muestras tanto en campo como dentro del laboratorio, además de la preparación y ejecución de ensayos. Actualmente se evalúa la competencia que ofrecen cajas plásticas comparadas con las cajas de madera, la manera en la que se transportan estas, si sería adecuado transportarlas de manera horizontal o si por el contrario ahorrar espacio transportándola en secciones verticales adecuadas a las camionetas empleadas para el transporte también ofrecería buenos resultados.

El personal con el que cuenta la empresa López Hermanos LTDA para realizar la exploración en campo se encuentra capacitado, aunque con el presente trabajo, se pretende iniciar lo que serán mejoras continuas en el procedimiento de transporte y almacenamiento de muestras, informando al personal involucrado en esta etapa mediante capacitaciones, y realizando las consideraciones necesarias que se irán observando mediante la transición que implica la mejora de este factor, preservando el cuidado de cada una de las muestras extraídas en campo, asegurando que el personal tenga en pleno conocimiento las causas que podría conllevar un mal muestreo y alteración de los materiales a la hora de realizar los ensayos en laboratorio.

El procedimiento para conservación y transporte de muestras de rocas se adjunta como Anexo 11.

9. CONCLUSIONES

- La implementación de la nueva guía metodológica de reconocimiento geológico en campo permite obtener información del terreno de manera tal que es sencilla y clara de usar, obteniendo resultados notables en la caracterización de diferentes lugares, dónde varía desde el tipo de litología hasta la topografía, lo que permite tener información importante específica de cada proyecto; características que no se venían desarrollando de manera continua para cada proyecto, sino cuándo era necesario aplicar estos conceptos.
- Se observaron los principales ensayos in situ ejecutados por la empresa, permitiendo desarrollar y complementar instructivos que generan variaciones en la obtención de estos datos de manera tal que ahora son más representativos y que a su vez se especifican en base a normas nacionales e internacionales.
- Se estableció un instructivo propio de la empresa que sintetiza la metodología para el reconocimiento geológico en campo, el cual permite entender de manera rápida el tipo de información que se pretende recopilar, además de consolidar finalmente toda la información en un formato específico para dicha tarea.
- Se identificó mediante los procedimientos e instructivos que la exactitud de los ensayos in situ ejecutados son directamente establecidos principalmente por el equipo y herramientas que se usen, un óptimo estado y precisión (medidas de peso, diámetros y longitudes) en los equipos permitirán obtener resultados realmente representativos de las pruebas.
- Las normas establecidas en Colombia se rigen a partir de estándares internacionales, los cuales a su vez en ocasiones específicas se adaptan a casos especiales ocurridos en los países dónde se elaboran, por lo tanto, tener un ente como lo es el Instituto Nacional de Vías que logre regular e implementar dichas normas a los proyectos adelantados en el país permite tener mayor confianza con los resultados finales obtenidos durante todo el proceso de investigación.

- Mediante la elaboración de los procedimientos para el almacenamiento y transporte de muestras se logró identificar que este es una etapa muy importante para cualquier proyecto, ya que, si esta etapa se ejecuta de manera correcta, las muestras sufrirán cambios despreciables en sus propiedades naturales, garantizando que los resultados de los ensayos de laboratorio realizados posteriormente a este proceso sean representativos.
- Las herramientas de apoyo como imágenes satelitales, fotografías aéreas y demás utilidades del medio de los Sistemas de información geográfica generalmente son de ayuda a la hora de realizar cualquier reconocimiento preliminar de manera más amplia; identificar rasgos que puedan llegar a tener incidencia en las obras, o para evaluar un estado anterior de las geoformas, como suele suceder en las áreas urbanas donde a medida que se ve el crecimiento poblacional son considerables las intervenciones que se hace al paisaje y tener conocimiento de ese estado anterior es de gran utilidad a la hora de definir zonas que han sido producto de intervención o procesos que incluyan los fenómenos de remoción en masa y demás.
- Se han realizado capacitaciones con el equipo de trabajo que interviene en el proceso de estudio de suelos, creando así espacios dónde todo el personal involucrado ha podido afianzar sus conocimientos, especialmente en el área de la descripción visual de muestras, factores que permiten el fortalecimiento en la empresa, dando inicio así a la implementación continua de recopilación fundamental en campo mediante el reconocimiento geológico.
- Se han iniciado a adaptar los instructivos y procedimientos de manera transicional, dónde se ira afianzando con las correcciones necesarias y sugerencias hechas en el presente trabajo y verificaciones posteriores a su implementación, por medio de capacitaciones y mejoramiento de equipos lo cual permitirá finalmente la ejecución precisa de todas las etapas de la investigación del suelo.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar el reconocimiento geológico permitirá recopilar información importante para el proyecto, así que de ser posible deberá desarrollarse en las exploraciones que lo permitan, adelantado por el personal que se considere debidamente capacitado.
- Efectuar seguimiento a la ejecución de ensayos in situ y toma de muestras, así como la revisión de equipos permitirá continuar con la mejora en precisión de toma de información, lo cual se verá reflejado en la interpretación final de análisis de propiedades del terreno.
- Capacitar al personal a medida que se realicen cambios generará una transición mucho más efectiva, dónde el intercambio de ideas y propuestas entre el personal permitirá adaptar las mejoras, para finalmente obtener los resultados óptimos que siempre se buscan en cada uno de las actividades elaboradas.
- Para los casos específicos dónde se requiera realizar un levantamiento geológico y profundizar en temas como estabilidad de taludes o de afloramientos cercanos a los proyectos se deberá adelantar un modelo el cuál consista de diligenciar el formato de reconocimiento como un estado preliminar y posteriormente profundizar en el tema definido tanto por el geotecnista como por el ingeniero encargado de la obra.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (INVIAS), Manual de Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras, Sección 100 – Suelos. (2013)
- NATIONAL HIGHWAY INSTITUTE (NHI), Subsurface Investigations-Geotechnical Site Characterization. Reference Manual. (2002).
- FUGRO CONSULTANTS. Manual of field procedures-Geotechnical investigation for IH (LBJ freeway)-West section managed HOV lanes tunnel project. (2003)
- CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Soil and Rock Logging, Classification, and Presentation Manual
- GONZALES DE VALLEJO, L., & FERRER M., & ORTUÑO, N., & OTEO, C. (2004). Ingeniería Geológica. Pearson Educación S.A.
- SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTE DE MÉXICO. Manual de diseño y construcción de túneles de carretera. Capítulo 3: Estudios geológicos y exploración. (2016).
- ASTM D420-98 (2003). Standard guide to site characterization for engineering design and construction purposes.
- ASTM D2488 - 09 Standard practice for description and identification of soils (visual-manual procedures).
- ASTM D1587 - 08 Standard practice for thin-walled tube sampling of fine-grained soils for geotechnical purposes.
- ASTM D1586 - 11 Standard test method for standard penetration test (spt) and split-barrel sampling of soils.



WEBGRAFÍA

- Unites Satates Geological Survey, (2004). Landslide Types and Processes. Tomado de: <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>
- Vertek CPT. (2014). In-Situ Soil Testing 101: The Different Types of Tests. Tomado de: <http://www.vertekcpt.com/blog/in-situ-soil-testing-101#.Woj0VKhubIV>.
- Estudios Geotécnicos. (2013). Permeabilidad de los suelos: concepto y determinación (“in situ” y en laboratorio). <http://www.estudiosgeotecnicos.info/index.php/permeabilidad-de-los-suelos/>



ANEXOS

Anexo 1. GLOSARIO DE ABREVIATURAS

SPT: Standar penetration test (ensayo de penetración estándar)

Split Spoon: Cuchara partida

CPT: Cone penetration test (ensayo de penetración de cono)


VST: Vane shear test (ensayo de veleta)

NHI: National Highway Institute

CALTRANS: California Department of Transportation

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

Anexo 2. ES-IN-10 DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL).

 <p>INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</p>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) I.N.V.E. 102-13		ES – IN - 10	Página 1 de 2

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Equipos

1. Lupa de mano.
2. Lámina de plástico duro o navaja.
3. Gotero de plástico con ácido clorhídrico y agua destilada en proporción 1/3 (ml).

2 Procedimiento


1. Tome la suficiente cantidad de muestra, aproximadamente 100 gramos para suelos compuestos por limos y arcillas principalmente, alrededor de 500 gramos para suelos arenosos y con presencia de gravas.
2. Describir el color de la muestra especificando el estado de humedad que presentaba a la hora de identificarlo, este color preferiblemente debe ser tomado de la carta de color de suelos de Munsell.
3. Determine el estado de humedad de la muestra clasificándola de la siguiente manera:
 - Seca: La muestra no tiene presenta ninguna sensación húmeda al tacto, además es polvorosa.
 - Húmeda: La muestra deja la marca de agua en la mano, además de sentirse húmeda.
 - Saturada: Se observa el agua en la muestra, generalmente se da en muestras recuperadas por debajo de la tabla de agua.
4. Determine la **consistencia** de la muestra definiéndola a partir de los siguientes resultados.
 - Muy dura: La uña al hacerle presión contra la muestra no produce alguna hendidura.
 - Dura: La uña deja alguna hendidura no tan profunda.
 - Firme: La uña deja una marca de aproximadamente 6 mm de profundidad.
 - Blanda: El dedo pulgar penetra entre 10 mm a 25 mm.
 - Muy blanda: El dedo pulgar penetra más de 25 mm.

Nota: Además de la uña también puede usar la lámina de plástico o la navaja con debida precaución de no ocasionar ningún accidente. En caso de que la muestra a la hora de realizar la prueba se desgrane o descomponga con facilidad defina otra cara y aplique menor fuerza sobre esta, además podrá concluir directamente que el suelo en el estado que se encuentre (húmedo, seco, saturado) posee débil cementación y posiblemente baja resistencia.

5. Describir el estado de cementación:
 - Friable o débil: La muestra se desmorona con facilidad.
 - Moderada: La muestra se descompone al aplicar cierta fuerza con la mano.
 - Dura: La muestra no se desmorona al aplicar fuerza con la mano.
6. Si la muestra presenta estratificación debe anotarse.

Nota: En caso de encontrar un suelo con alto contenido orgánico (turba), se deberá especificar y no se le harán las siguientes pruebas, bastará con la identificación preliminar.

7. Identifique si el suelo que va a describir contiene más del 50% de grano fino (limos y arcilla) si es así el suelo es de grano fino, si el contenido de finos es menor al 50% el suelo es de grano grueso.

 <p>LÓPEZ HERMANOS INVESTIGAMOS EL SUELO CREANDO FUTURO</p>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL) I.N.V.E. 102-13		ES – IN – 10	Página 2 de 2

8. Si el suelo a describir es fino continúe haciendo las siguientes pruebas, removiendo cualquier partícula de tamaño grueso ya que estas no permitirán obtener resultados representativos:
- **Resistencia seca:** elabore 3 esferas de aproximadamente 2.5 cm de diámetro y deje que se sequen completamente, si los suelos presentan terrones de este tamaño o mayores, también servirán para evaluar esta propiedad. Una vez listo el material proceda a realizar la prueba y describa:
 - Muy alta: Si la muestra no se rompe haciéndole presión con el dedo pulgar sobre una superficie.
 - Alta: La muestra se rompe solamente haciéndole presión sobre una superficie.
 - Mediana: La muestra se rompe haciéndole bastante fuerza con los dedos.
 - Baja: La muestra se desmorona con cierta facilidad con leve presión de los dedos.
 - Nula: La muestra se desmorona con el hecho de tocarla o manipularla.
 - **Dilatancia:** Moldee una cuarta esfera de 12.5 mm, pero ahora apriétela y espárzala sobre la palma de su mano con la lámina de plástico o navaja, luego empiece a dar palmadas ligeras por debajo de la mano en la que tiene la muestra hasta que vea rastro de agua o también puede golpearla directamente con la otra mano de manera suave hasta que aparezca agua en la superficie. Se debe anotar la rapidez con la que aparece el agua de la siguiente manera:
 - Rápida: El agua aparece relativamente rápido y al apretarla desaparece.
 - Lenta: El agua aparece luego de cierto tiempo, pero desaparece de manera lenta o no desaparece.
 - Nula: La muestra no presenta algún cambio.
 - **Plasticidad:** Elabore rollos de 3 mm aproximadamente, remoldeelos al menos 2 veces y anote según lo observado, la muestra se clasificará entonces en:
 - Alta: Se pueden elaborar, moldear y remoldear los rollos luego de cierto tiempo.
 - Media: Se logra elaborar el primer rollo, pero luego de alcanzar los 3 mm de grosor no se deja remoldear nuevamente.
 - Baja: Se pueden formar rollos, pero es muy complicado moldearlos, además la muestra no se deja manejar a menos que tenga la humedad del límite plástico.
 - No plástica: No se pueden formar rollos de 3 mm de diámetro a ninguna humedad.
 - **Tenacidad:** Se debe describir la presión que se debe hacer al formar los rollos del límite plástico y se anota de la siguiente manera:
 - Alta: Se debe hacer bastante presión para formar el rollo de 3 mm
 - Mediana: Se requiere cierta presión para moldear el rollo cerca a los 3 mm
 - Baja: Los rollos se pueden hacer con poca presión hasta que alcancen los 3 mm
9. Si el suelo es granular se deben hacer las siguientes descripciones:
- Si el contenido de grava es mayor a la arena el suelo es grava.
 - Si el contenido de grava es igual o menor al de la arena el suelo es arenoso.
- Además, en caso de que la arena o grava contenga aproximadamente 15% o más de finos debe especificarse en la descripción.
10. Todas estas propiedades y descripciones deben anotarse en el formato de **PERFILES DE CAMPO (ES- FR-01)** en el espacio correspondiente a la profundidad de extracción de la muestra.

Anexo 3. ES-IN-11 DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO PERFIL DE RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS (ES-FR-32).

 LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGAMOS EL SUELO ORIENTANDO FUTURO</small>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO PERFIL DE RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS (ES-FR-32).		ES – IN - 11	Página 1 de 2

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Equipos:

Tabla de color simplificada

Escala granulométrica

Ácido clorhídrico

Muestra recuperada del avance de perforación

Formato ES-FR-32

2 Procedimiento:

- 2.1 Visualice el material recuperado de la perforación con broca de diamante y anote la profundidad hasta la cual se recuperó muestra en la columna correspondiente en **ES-FR-32**.
- 2.2 Anote la longitud de material recuperado dependiendo el avance que se haga, generalmente intervalos de 1 metro.
- 2.3 Luego deberá realizar el registro del RQD (Rock Quality Designation) de la siguiente manera:
 - ✓ Mida los tramos, y tenga en cuenta aquellos cuya longitud es mayor a 10 cm, la medición deberá hacerse de la siguiente manera:

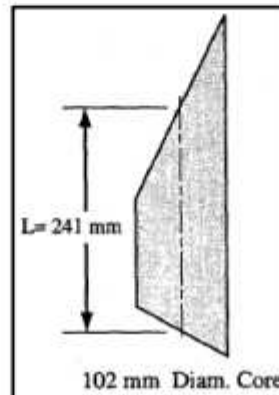



Ilustración 1. Medición correcta de tramos de núcleo.

 LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</small>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	DILIGENCIAMIENTO DEL FORMATO PERFIL DE RECUPERACIÓN DE NÚCLEOS (ES-FR-32).		ES – IN – 11	Página 2 de 2

- ✓ Luego, sume las longitudes mayores a 10 cm y divídalas sobre la longitud total del avance, y finalmente multiplique por 100 y así obtendrá un valor para referirse a la siguiente tabla:

PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	VALOR	OBSERVACIONES
RQD	A.- Muy mal	0 a 25	Cuando RQD se reporta o es medido como menor a 10, se le otorga un valor nominal de 10.
	B.- Mala	25 a 50	
	C.- Regular	50 a 75	
	D.- Buena	75 a 90	
	E.- Excelente	90 a 100	

Tabla 1. Valorización de los parámetros *Q* (Según Barton, Lien y Lunden).

- 2.4 Anote el número de fracturas en la roca recuperada del avance.
- 2.5 Escriba el nombre de la roca recuperada.

Ahora deberá realizar la descripción de la muestra:


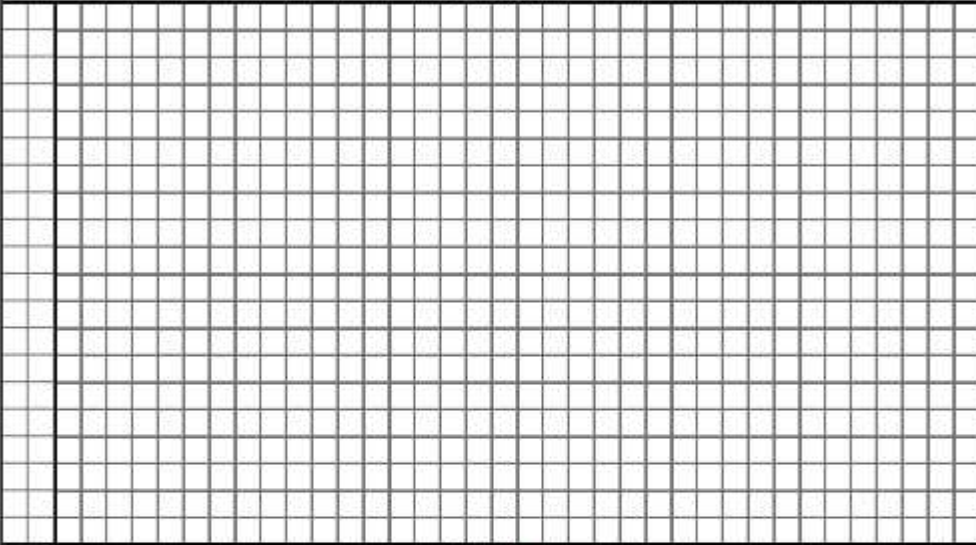
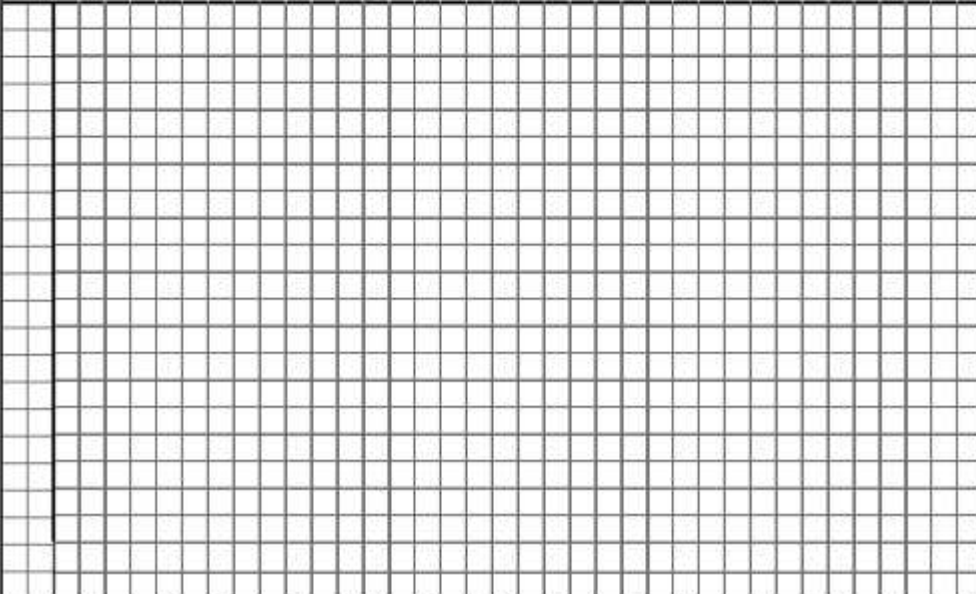
- 2.6 Para rocas sedimentarias anote si corresponde a un conglomerado, arenita, arcillolita, lutita, limolita, y si es posible especifique su tamaño aproximado guiándose de la *Escala granulométrica*. Si es de tipo ígneo o metamórfico se debe especificar, de ser posible anotar el nombre y los principales minerales que las componen, se anexa una lista de rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas encontradas comúnmente en campo junto con los minerales típicos de algunas de ellas.
- 2.7 Defina el estado de humedad de la muestra (seca, húmeda o saturada), si dicha humedad presenta variaciones perceptibles entre muestra y muestra deberá anotarse.
- 2.8 Luego, se entenderá que el color a identificar corresponde al estado de humedad el cuál presenta la muestra al momento de describirla, para dicha característica podrá ayudarse de la *Tabla de color simplificada* la cuál le permitirá evaluar los diferentes tonos que se pueden presentar, y de esta manera se establece una idea general del color para usarse a su vez en los perfiles de suelo preliminares realizados en oficina antes de revisar nuevamente las muestras en laboratorio.
- 2.9 Se debe anotar si el núcleo presenta algún tipo de laminación, estratificación, fracturas rellenas u oxidaciones.
- 2.10 Describir el estado de cementación:
- Friable o débil: La muestra se desmorona con facilidad.
 - Moderada: La muestra se descompone al aplicar cierta fuerza con la mano.
 - Dura: La muestra no se desmorona al aplicarle fuerza con la mano.
- 2.11 Aplique Ácido clorhídrico en caso de contener carbonatos.
- 2.12 Finalmente anote el tiempo de inicio y finalización de cada avance, con esto se tendrá una idea muy general del tipo de roca que se está perforando.



Anexo 4. ES-FR-33 FORMATO DE RECONOCIMIENTO EN CAMPO.

 <p>LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGANDO EL SUELO CAMBIANDO FUTURO</small></p>	Formato del Sistema de Gestión de Calidad Elaboración Estudios de Suelos		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos	
	Formato de Reconocimiento Geológico en campo		VERSIÓN 1	22/12/2017
			ES-FR-32	Hoja __ de __
Estudio de suelos No.: _____ Fecha: _____ Proyecto: _____ Localización: _____				
LITOLOGÍA:				
Tipo de roca: _____ Color: _____ Dureza: _____ Grado de meteorización: _____ Textura: _____ Fracturas: _____ Otros (fósiles, minerales, varios): _____				
FORMACIÓN GEOLÓGICA:				
Nombre: _____ Estratificación/Foliación: _____ Discontinuidades: _____ Meteorización: _____				
DEPÓSITO CUATERNARIO:				
Tipo de depósito: _____ Clasto o matriz soportado: _____ Tamaño de los clastos: _____ Tipo de matriz: _____				
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL TERRENO:				
Características topográficas: _____ Rasgos geológicos (fallas, pliegues, diaclasas): _____ _____ Rasgos geomorfológicos (tipo preferencial de sistema formador de paisaje): _____ Evidencia de fenómenos de remoción en masa: _____ _____ Estado actual del movimiento: _____				



 LÓPEZ HERMANOS <small>INVENTARIAMOS EL SUELO COMBINANDO PICTORES</small>	Formato del Sistema de Gestión de Calidad Elaboración Estudios de Suelos		Este documento es propiedad intelectual de López	
	Formato de Reconocimiento Geológico en campo		VERSIÓN 1 ES-FR-32	22/12/2017 Hoja ___ de ___
Estudio de suelos No.: _____ Fecha: _____				
Proyecto: _____ Localización: _____				
ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO				
PLANTA				
				
PERFIL				
				

Anexo 5. ES-PR-02 INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA.

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITO DE INGENIERÍA (INV E 101-13)		ES – PR - 02	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Reconocimiento del área del proyecto

Antes de iniciar cualquier estudio de campo, se debe recopilar, estudiar y evaluar toda la información existente posible, mapas geológicos, topográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, y otros informes referentes al área de estudio.

Si la zona de estudio presenta datos descriptivos incompletos se deberán estudiar los alrededores a esta (esto referente a los afloramientos de rocas o a la dificultad de realizar los perfiles de suelo)

2 Plan de exploración

Se deben conocer los requisitos disponibles sobre el diseño y comportamiento del proyecto con anterioridad al plan de exploración, las áreas que requieran mayor detalle se deberán remarcar.

Una investigación completa deberá consistir de:

- Recisión de información disponible local y regional.
- Interpretación de fotografías e imágenes
- Reconocimiento de condiciones geológicas del terreno
- Recolección de muestras alteradas e inalteradas de rocas y suelos.
- Identificación del nivel freático.
- Identificar y evaluar los materiales de fundación.
- Identificar el grado de descomposición del suelo y la roca.
- Evaluación del comportamiento de instalaciones existentes.

3 Equipos para uso en exploración

Dependen del tipo de material a estudiar, la profundidad que se desea alcanzar y el uso que tendrá la información obtenida. A partir de esto se pueden usar tres tipos de quipos

- Manuales, para profundidades de hasta 5 metros.
- Equipos de movimiento de tierras, para materiales con partículas de gran tamaño.
- Equipos mecánicos de perforación que alcanzan hasta 100 metros de profundidad en suelos y aún más en rocas.

4 Exploración Geofísica

Se puede usar como complemento de las perforaciones, principalmente métodos sísmicos, georradar y resistividad eléctrica.

Los métodos sísmicos ayudarán a definir la profundidad de las rocas.

Los métodos eléctricos serán útiles para determinar la profundidad de la roca y fuentes de grava arenosa.

El georradar se usa principalmente para definir capas de suelo y roca.

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITO DE INGENIERÍA (INV E 101-13)		ES – PR - 02	Página 2 de 1

5 Muestreo

Se deben obtener muestras representativas de roca o suelo. Cada muestra deberá estar indicada la perforación y profundidad a la que se obtuvo, rotulada, almacenada y transportada debidamente.

Generalmente se realizan calicatas y trincheras, muestreo de materiales para construcción de carreteras, exploración y muestreo por barrenos, muestreo con tubos de pared delgada, perforación con broca de diamante, muestreo de tubo con camisa interior de anillos, muestreo con barreno hueco y el ensayo de penetración normal (SPT) con muestreo en tubo partido.

6 Clasificación de los materiales

Las muestras deberán identificarse y clasificarse según:

- Clasificación de suelos y mezclas de suelo agregado para la construcción de carreteras.
- Sistema unificado de clasificación de suelos para propósitos ingenieriles.
- Clasificación de la fracción fina de suelo a partir del valor de azul de metileno.
- Nomenclatura descriptiva para los elementos constitutivos de los agregados para concretos.

7 Determinación del perfil

Un perfil se puede definir precisamente en el lugar de ejecución de la perforación o apique. Estas calicatas deberán ser al menos de 1,5 m por debajo del nivel del subrasante.

Si existe alguna alteración al drenaje interno se deberán prolongar lo suficiente evaluar propiedades geológicas que sean relevantes para el proyecto.

Cada perforación deberá tener su propio registro ES-FR-03, donde se debe describir el suelo según lo estandarizado por el INVIAS además de clasificarla posteriormente y llevar el control de las muestras y los ensayos realizados con su respectivo perfil estratigráfico.

Se deberá ubicar el nivel freático en cada perforación.

8 Ensayos In Situ

Se realizan con el fin de medir parámetros en condiciones inalteradas. Algunas de estas pruebas son:

- Ensayo de penetración normal (SPT): Usado para obtener muestras para clasificación y medir la resistencia a la penetración del suelo.
- Ensayo de placa con carga estática no repetida: para la evaluación y diseño de pavimentos.
- Relación de soporte del suelo en el terreno (CBR): describe la resistencia del suelo aplicado a pavimentos.
- Ensayo de corte en suelos cohesivos con Veleta de campo: Mide la resistencia al corte de suelos blandos cohesivos.
- Penetrómetro dinámico de cono: Mide la resistencia en estratos cercanos a superficie.
- Método de penetración cónica estándar.




Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.



	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio		
	INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITO DE INGENIERÍA (INV E 101-13)	ES – PR - 02	Página 3 de 1

9 Interpretación de resultados

Se deben analizar los resultados en base a lo encontrado durante todo el proceso de exploración, muestreo y ensayos, dibujando perfiles de secciones transversales del área de estudio.

En grandes proyectos se deberán realizar tanto ensayos de campo como de laboratorio, complementando información entre sí.

Las recomendaciones deberán ser realizadas por un especialista en el tema y preferiblemente familiarizado con los problemas comunes de estas áreas.

Anexo 6. ES-IN-12 EXPLORACIÓN Y MUESTREO MEDIANTE BARRENOS (INV E 112 -13).

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	EXPLORACIÓN Y MUESTREO MEDIANTE BARRENOS (INV E 112-13)		ES – IN - 12	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Equipos

- Equipo de perforación



- Barreno helicoidal de 4" a 48"
- Muestreador tubo de pared delgada (Shelby)
- Muestreador de tubo partido
- Posteadora tipo almeja.

2 Procedimiento

- Se debe en primer lugar limpiar la superficie y remover al menos 10 cm del lugar donde se hará la perforación, esto con el fin de ubicar de marea correcta el trayecto de la perforación.
- Inicie la perforación avanzando mediante rotación, el barreno debe tener mínimo 6 espirales de 360° por cada tramo para conducir y almacenar el suelo perforado.
- Una vez de alcance la profundidad de muestreo retire el barreno y proceda a introducir el muestreador (split spoon o tubo de pared delgada) descansando sobre el suelo dentro de la perforación. Registre la profundidad a la cual llegó.
- Si el suelo sobre el cual se está realizando la perforación es inestable, será necesario encamisar o entubar la perforación para evitar que las paredes se derrumben, dicho revestimiento debe tener diámetro mayor al barreno y debe ser hincado hasta una profundidad menor a la cual se realizará el muestreo, el barreno se introduce luego y se continuará la perforación.

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	EXPLORACIÓN Y MUESTREO MEDIANTE BARRENOS (INV E 112-13)		ES – IN - 12	Página 2 de 1

5. Del suelo cortado por la barrena se pueden tomar muestras y se podrán almacenar para futura descripción, pero esta muestra no es representativa, ya que generalmente se altera su estructura y humedad.
6. Si nota cambios del tipo de suelo deberá muestrearse, de lo contrario se continua con el procedimiento establecido (muestreo cada metro de avance).
7. Se debe registrar la profundidad a la cual se encontró el nivel freático y preferentemente monitorear dicho nivel durante y después de realizar la perforación.



a)



b)

Ilustración 1 Ilustración 2. a) Posteadora tipo almeja, b) Barreno helicoidal. Tomado de las Normas para ensayos de materiales INVIAS 2013

8. Los intervalos de muestreo y el tipo de muestra o ensayo realizado a las diferentes profundidades se deben registrar en el **formato de PERFILES DE CAMPO ES- FR-01**, así como la profundidad a la cual se encontró el nivel freático.
9. Los procedimientos para la ejecución de ensayos y obtención de muestras se encuentran explicados en ES-IN-08 para ensayo de penetración normal y muestreo con tubo partido, y en ES-IN-13 para recuperación de muestras mediante tubos de pared delgada.

Anexo 7. ES-IN-08 ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS (ACTUALIZACIÓN).

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO I.N.V.E. 111-13		ES – IN - 08	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ COORDINADOR TÉCNICO	Original	PABLO LÓPEZ CORREDOR GERENTE 2008-09-15
Versión No. 2	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ JEFE DE LABORATORIO	Actualización de la norma e inclusión dentro del proceso de Estudios de Suelos	LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ COORDINADOR TÉCNICO
Versión No. 3	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Actualización de la norma	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE


1 Equipos

1. Equipo de perforación



2. Martillo de perforación

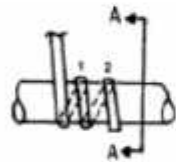


 LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGAMOS EL SUELO ORIENTANDO FUTURO</small>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio		ES – IN - 08	Página 2 de 1
	ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO I.N.V.E. 111-13			

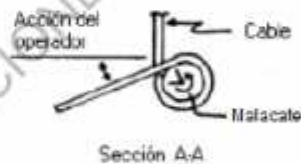
3. Varilla guía
4. Muestreador de tubo partido

2 Procedimiento

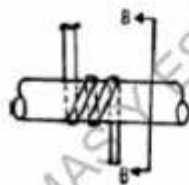
1. Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo. Normalmente cada metro, cuando haya un cambio de estrato, o cuando el suelo cambie al menos dos propiedades.
2. Limpie el orificio ya perforado hasta la profundidad requerida para el muestreo usando el método preferido. Asegúrese de que el material del muestreo no este alterado.
3. Si se encuentran aguas freáticas en el fondo, debe registrar la profundidad a la cual se encuentran
4. Coloque el tubo (cuchara partida) de muestreo de manera que su extremo descansa en el fondo del orificio. Registre la profundidad a la cual llegó.
5. Marque sobre la tubería tres (3) tramos de 15 cm c/u iniciando sobre la superficie del terreno o punto de referencia
6. Conecte el martillo a la tubería e inicie el proceso de caída del martillo. La altura de caída es de 76 ± 3 cm. Revise dicha altura todos los días. La caída del martillo debe realizarse de manera rítmica. Si utiliza el tambor para enrollar la manila, verifique que da 1.75 vueltas en sentido contrario de las manecillas del reloj o 2.25 vueltas en el sentido de las manecillas del reloj (Ilustración 1.)



a) Aproximadamente 1 3/4 vueltas en el sentido inverso de las agujas del reloj



Sección A-A



b) Aproximadamente 2 1/4 vueltas en el sentido de las agujas del reloj



Sección B-B

Ilustración 1 Esquema de cómo se debe enrollar la manila. Tomado de Las Normas para ensayos de materiales del INVIAS versión 2013

7. Registre el número de golpes necesarios para penetrar cada tramo de 15 cm. **Registro en el formato de PERFILES DE CAMPO ES- FR-01**
8. Retire el muestreador tan cuidadosamente como sea posible, con el fin de minimizar la pérdida de material
9. Saque el suelo del tubo partido; envuélvalo en papel aluminio y vinipel. Marque el rótulo y adhiéralo a la muestra, cuya profundidad y tipo pictográfico deberá anotarse en el formato de **PERFILE DE CAMPO ES- FR-01**

Anexo 7.1. ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS (VERSIÓN ANTERIOR).

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO I.N.V.E. 111-13		ES – IN - 08	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ COORDINADOR TÉCNICO	Original	PABLO LÓPEZ CORREDOR GERENTE 2008-09-15
Versión No. 2	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ JEFE DE LABORATORIO	Actualización de la norma e inclusión dentro del proceso de Estudios de Suelos	LIBARDO ADOLFO LÓPEZ RAMÍREZ COORDINADOR TÉCNICO

1 Equipos

1. Equipo de perforación



2. Martillo de perforación



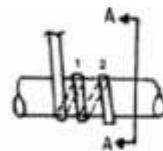
3. Varilla guía

4. Muestreador de tubo partido

<p>LÓPEZ HERMANOS INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</p>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	ENSAYO DE PENETRACIÓN NORMAL (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO I.N.V.E. 111-13		ES – IN – 08	Página 2 de 1

2 Procedimiento

1. Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo. Normalmente cada 1,5 m o cuando haya un cambio de estrato
2. Limpie el orificio ya perforado hasta la profundidad requerida para el muestreo usando el método preferido. Asegúrese de que el material del muestreo no este alterado.
3. Si se encuentran aguas freáticas en el fondo, debe registrar la profundidad a la cual se encuentran
4. Coloque el tubo (cuchara partida) de muestreo de manera que su extremo descance en el fondo del orificio. Registre la profundidad a la cual llegó.
5. Marque sobre la tubería tres (3) tramos de 15 cm c/u iniciando sobre la superficie del terreno o punto de referencia
6. Conecte el martillo a la tubería e inicie el proceso de caída del martillo. La altura de caída es de 76 ± 3 cm. Revise dicha altura todos los días. La caída del martillo debe realizarse de manera rítmica. Si utiliza el tambor para enrollar la manila, verifique que da 1.75 vueltas en sentido contrario de las manecillas del reloj o 2.25 vueltas en el sentido de las manecillas del reloj (Ilustración 1.)



a) Aproximadamente 1 3/4 vueltas en el sentido inverso de las agujas del reloj




b) Aproximadamente 2 1/4 vueltas en el sentido de las agujas del reloj

Ilustración 1 Esquema de cómo se debe enrollar la manila. Tomado de Las Normas para ensayos de materiales del INVIAS versión 2013

7. Registre el número de golpes necesarios para penetrar cada tramo de 15 cm. **Registro en el formato de PERFILES DE CAMPO ES- FR-01**
8. Retire el muestreador tan cuidadosamente como sea posible, con el fin de minimizar la pérdida de material
9. Saque el suelo del tubo partido; envuélvalo en papel aluminio y vinipel. Marque la muestra con cinta de enmascarar (número de barreno y profundidad de muestreo) **Registro en el formato de PERFILES DE CAMPO ES- FR-01**

Anexo 8. ES-IN-13 OBTENCIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA (SHELBY) (INV E 105-13).

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	OBTENCIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA (INV E-105-13)		ES – IN - 13	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Equipos

1. Equipo de perforación




2. Martillo de perforación



3. Varilla guía

4. Muestreadores de tubo de pared delgada (Shelby), los cuales deberán cumplir en su mayoría las siguientes especificaciones:

- Ser anticorrosivos, ya que se pueden destruir tanto la muestra como el tubo, se puede aplicar aceite lubricante, laca, u otros productos anticorrosión.
- También puede usar lubricantes orgánicos e inorgánicos como aceite de penetración "aflojatodo" o spray de aceite de cocina que no sea pegajoso, esto con el fin de facilitar

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	OBTENCIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA (INV E-105-13)		ES – IN - 13	Página 2 de 1

la extracción de la muestra reduciendo la fricción, además que funciona como anticorrosivo.

Diámetro exterior (D):			
mm	50.8	76.2	127
pulgadas	2	3	5
Espesor de la pared:			
Bwg	18	16	11
mm	1.24	1.65	3.05
pulgadas	0.049	0.065	0.120
Longitud del tubo			
m	0.91	0.91	1.41
pulgadas	36	36	54
Relación de luz interior, %			
	< 1	< 1	< 1

Tabla 1 Medidas estandarizadas para tubos de pared delgada... INVIAS (INV E-105-13) versión 2013

El tubo deberá finalmente tener las siguientes características:

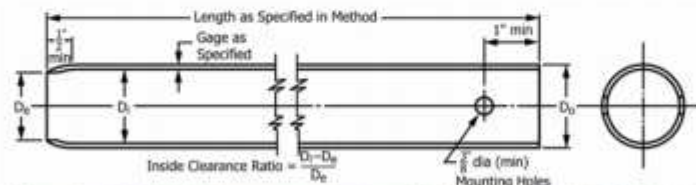



Ilustración 1. Medidas finales para un tubo de pared delgada según ASTM D1587M - 15

- Si el tubo tiene menos de 4" de diámetro deberá tener dos agujeros para la instalación de la tubería por medio de tornillos
- Si el tubo tiene un diámetro mayor a 4" deberá tener 4 agujeros para la instalación de los tornillos, estos deberán estar espaciados cada 90°.
- Nótese que al menos 1/8" pulgada del tubo al final deberá estar doblada con el fin de facilitar el corte de la muestra.
- La relación de luz interior se da en porcentaje (%) y deberá ser de 0% para suelos blandos y hasta 1.5% para suelos más duros y compactos. Además, puede llegar hasta 3% si se quiere recuperar una muestra de mayor longitud a lo establecido.

 LÓPEZ HERMANOS <small>INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</small>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	OBTENCIÓN DE MUESTRAS MEDIANTE TUBO DE PARED DELGADA (INV E-105-13)		ES – IN - 13	Página 3 de 1


TOLERANCIAS PARA DIÁMETROS NOMINALES DE TUBO DE LA TABLA 1 ¹³						
TAMAÑO DIÁMETRO EXTERIOR	50.8 mm	2"	76.2 mm	3"	127 mm	5"
DIÁMETRO EXTERIOR (D)	+0.179 -0.000	+0.007 -0.000	+0.254 -0.000	+0.010 -0.000	+0.381 -0.000	+0.015 -0.000
DIÁMETRO INTERIOR (D _i)	+0.000 -0.179	+0.000 -0.007	+0.000 -0.254	+0.000 -0.010	+0.000 -0.381	+0.000 -0.015
ESPESOR DE PAREDES	±0.179	±0.007	±0.254	±0.010	±0.381	±0.015
ENALIDAD	0.381	0.015	0.508	0.020	0.762	0.030
RECTITUD	2.50/m	0.030/pie	2.50/m	0.030/pie	2.50/m	0.030/pie

Tabla 2. Tolerancias admitidas para las diferentes medidas de un tubo de pared delgada INVLAS (INV E-105-13)
versión 2013

2 Procedimiento

1. Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo. Normalmente cada metro, cuando haya un cambio de estrato, o varíen al menos dos características del suelo muestreado.
2. Limpie el orificio ya perforado hasta la profundidad requerida para el muestreo usando el método preferido, evitando inyectar agua para esta acción. Asegúrese de que el material del muestreo no este alterado.
3. Si se encuentran aguas freáticas en el fondo, debe registrar la profundidad a la cual se encuentran y muestrear preferiblemente por debajo de este nivel.
4. Coloque el tubo de pared delgada (Shelby) de manera que su extremo descansa en el fondo del orificio y quede completamente vertical. Registre la profundidad a la cual llegó.
5. Generalmente se recupera la muestra avanzando a una carga constante (a presión) pero en suelos muy duros se deberá avanzar hincando el tubo de pared delgada teniendo en cuenta la siguiente relación de profundidad para diferentes tipos de suelos:
 - Arenas: De 5 a 10 diámetros del tubo. De 30 cm hasta 60 cm si es firme.
 - Arcillas: De 10 a 15 diámetros del tubo. De 30 cm a 45 cm.
6. Si la muestra se recupera por medio de hincado conecte el martillo a la tubería e inicie el proceso de caída del martillo. La altura de caída deberá ser anotada al igual que el peso del martillo, la profundidad de penetración y el número de golpes en el formato de **PERFILES DE CAMPO ES-FR-01**.
7. Retire el muestreador tan cuidadosamente como sea posible, con el fin de minimizar la pérdida de material. Si cuenta con suficiente tiempo espere entre 5 y 10 minutos para extraer el muestreador.
8. Una vez tenga afuera el tubo de pared delgada proceda a limpiar la parte superior dentro del tubo para eliminar el material alterado, aproximadamente 6 mm, se debe hacer lo mismo con la parte inferior de la muestra donde el material será usado para realizar la descripción preliminar del suelo descrita en ES-FR-01.
9. Proceda a sellar ambos costados del tubo de manera que sea hermético, generalmente usando tapones de plástico reforzados en su interior con teflón con el fin de no perder ninguna propiedad de la muestra.
10. Finalmente diligencie el **rótulo ES-FR-31** para identificación de muestras y adhiérala al tubo que contiene la muestra, almacenándola en un lugar fresco y seco hasta que llegue al laboratorio.

Anexo 9. ES-IN-14 PERFORACIONES CON BROCAS DE DIAMANTE PARA INVESTIGACIONES EN EL SITIO.

 LÓPEZ HERMANOS <small>LTDA.</small> <small>INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO</small>	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	PERFORACIONES CON BROCAS DE DIAMANTE PARA INVESTIGACIONES EN EL SITIO (INV E 108-13)		ES – IN - 14	Página 1 de 2

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

1 Equipos

- Equipo de perforación rotatorio.



- Bomba de agua o lodos.
- Broca dentada saca núcleos con impregnaciones de diamante.
- Tubería de revestimiento de la broca.
- Tubería de avance.
- Caja para almacenamiento de muestras.

2 Procedimiento

- Avance la perforación hasta la profundidad del muestreo.
- En el primer contacto suelo roca, se deberá avanzar 1.50 metros, y a la siguiente muestra se deberán recorrer máximo 3.00 m.
- Si se encuentra un suelo blando que corresponda al 50% o menos de un avance, se deberán recuperar muestras por medio de los métodos para dichos suelos, y si se vuelve a encontrar un material que de rechazo se deberá volver a conectar la broca, y así de manera sucesiva hasta llegar a la profundidad requerida.
- Es importante describir la roca en el formato de **PERFILES DE CAMPO ES- FR-01 o en ES- FR-31** de manera muy detallada, así como las estructuras que estas tengan, las juntas, fisuras, cavidades y áreas falladas.
- En caso de que las fisuras no permitan recuperar el registro continuo, la roca deberá cementarse, revestirse o avanzar con toma muestras más pequeño con el fin de recuperar el mayor porcentaje de muestra.
- Retire la tubería y la broca con la muestra cuidadosamente,




Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.




	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio		
	PERFORACIONES CON BROCAS DE DIAMANTE PARA INVESTIGACIONES EN EL SITIO (INV E 108-13)	ES – IN - 14	Página 2 de 2

7. Una vez tenga afuera el núcleo proceda a realizar el registro y posterior descripción en **PERFILES DE CAMPO ES- FR-01 o en ES- FR-31**.
8. Proceda a guardar el núcleo en la caja de muestras de manera que la parte que primero se extrajo quede al costado izquierdo en la parte inferior, o bien, las muestras más recientes se van ubicando en la parte superior izquierda con el fin de llevar el registro de extracción de los núcleos y de no perder ninguna propiedad de la muestra.
9. Finalmente diligencie el **rótulo ES-FR-30** para identificación de muestras y adhiérala al núcleo extraído, almacene la caja de muestras en un lugar fresco y seco hasta que llegue al laboratorio.

Anexo 9.10. ES-FR-32 PERFIL RECUPERACIÓN DE ROCA.

[illegible]

Anexo 110. ES-IN-15 CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO (INV E 103-13).

 INVESTIGAMOS EL SUELO CIMENTANDO FUTURO	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO (INV E 103-13)		ES – IN - 15	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

Las muestras obtenidas en campo tendrán varias utilidades en el laboratorio y por eso se clasifican en varios grupos dependiendo la finalidad que vayan a tener:

Grupo A: Muestras para descripción visual.

Grupo B: Muestras para determinar contenido de humedad, clasificación, compactación, densidad, expansibilidad, consolidación, permeabilidad, CBR, etc.

Grupo C: Muestras intactas, formadas de manera natural o en campo para determinar peso unitario, y los ensayos mencionados anteriormente incluyendo ensayos dinámicos y cíclicos.

Grupo D: Muestras frágiles o muy sensibles, para realizar ensayos del grupo C

1 Equipos

1. Parafina para sellar.
2. Discos de metal de aproximadamente 2 mm de espesor y con diámetro menor al diámetro interno del tubo muestreador.
3. Disco de madera de 25 mm encerados con anterioridad.
4. Cinta plástica
5. Algodón
6. Tapas plásticas para los tubos de pared delgada
7. Empaques
8. Frascos herméticos
9. Bolsas
10. Cajas con madera de 13 a 19 mm de espesor.

2 Procedimiento

1. Grupo A: Las muestras pueden transportarse en cualquier tipo de recipiente mediante cualquier tipo de transporte.
2. Grupo B: Se deben conservar en recipientes los cuales no permitan ninguna pérdida de humedad, pueden ser bolsas plásticas, frascos de vidrio o plástico. Las muestras cúbicas o cilíndricas se deben envolver en papel vinipel, papel de aluminio y además cubrirse con varias capas de parafina. Se pueden transportar mediante cualquier medio.
 - Los tubos de pared delgada se pueden sellar con plásticos expandibles, discos parafinados, tapas de metal, caucho o plástico para sus extremos, o algodón y parafina para sellar ambos lados.
3. Grupo C: El tratamiento debe ser igual al del grupo B, protegiéndolas ante choques, vibración y temperaturas extremas. Se pueden transportar en los asientos del automotor con la condición de ir en cajas de cartón o similares encajando ajustadamente, evitando



Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.



	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO (INV E 103-13)		ES – IN - 15	Página 2 de 1

cualquier tipo de impacto. La caja se puede llenar con aserrín para dar así amortiguación a la muestra.

4. Grupo D: Se deben seguir lo establecido para el grupo C además de que las muestras deberán tener la misma orientación a la que fueron extraídas, marcando las cajas indicando el techo y piso de la muestra.
 - Las cajas podrán ser de madera, metal o plástico y deberán ser reutilizables, también deben ser elaboradas de tal manera que las muestras no cambien su posición una vez ubicadas, debe tener suficiente material para amortiguar cualquier impacto y también para evitar cambios de temperatura

Anexo 121. ES-IN-16 CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE NÚCLEOS DE ROCA (INV E 113-13).

	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio			
	CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE NÚCLEOS DE ROCA (INV E 113-13)		ES – IN - 16	Página 1 de 1

CONTROL DE VERSIONES			
Versión	Quien lo reviso	Descripción de la versión	Quien aprueba y Fecha
Versión No. 1	YERMAN ROJAS GONZÁLEZ AUXILIAR DE INGENIERÍA	Original	SERGIO EDUARDO LÓPEZ RAMÍREZ INGENIERO DE SOPORTE

Las muestras obtenidas en campo tendrán varias utilidades en el laboratorio y por eso se clasifican en varios grupos dependiendo la finalidad que vayan a tener:

- **Cuidado crítico:** Requerido para muestras frágiles o susceptibles a las alteraciones producidas por los cambios de temperatura o presencia de fluidos.
- **Cuidado rutinario:** Se realiza para muestras que no son frágiles ni sensibles, y cuyas propiedades no se verán alteradas antes de realizar los ensayos en laboratorios.
- **Cuidado como si fuese suelo:** Se aplica para muestras poco consolidadas, o completamente meteorizadas, para lo cual se seguirá el muestreo sugerido para suelos y los procedimientos para transporte y almacenamientos descritos para estos.
- **Cuidado especial:** Se realiza para muestras sensibles a agentes externos y que necesariamente serán sometidas a ensayos de laboratorio.

1 Equipos

1. Cajas de madera o plástico debidamente adecuadas en su interior para evitar el movimiento de muestras
2. Cinta para marcar
3. Tacos de madera o icopor para disponer en lugares donde no se recupere núcleo
4. Rótulos para las muestras

2 Procedimiento

1. Se deben tener listos los recipientes para almacenamiento de núcleos, las cajas plásticas o de madera que posean la suficiente firmeza son útiles, estas deben tener empaques dentro de cada ranura para que encajen correctamente y no sea vulnerables a los choques, o desacomodamiento de las mismas durante el transporte, también se puede usar aserrín o láminas de caucho para generar amortiguación.
2. Las muestras se organizan de manera que las más superficiales se ubiquen en la parte superior izquierda, es necesario que con un marcador permanente se marque el techo y la base de los núcleos, además señalar la profundidad de cada uno de los avances se debe poner madera o tubos de cartón en los espacios donde no se recuperó muestra. La caja contenedora se debe marcar debidamente para no llegar a confundirlas.
3. Realizar registro fotográfico de los núcleos ordenados de cada avance debidamente identificado para reorganizar y programar los ensayos a las muestras, además de constatar el color y el estado inicial del núcleo.
4. Las muestras se deben almacenar en lugares donde no se tenga contacto directo con el sol y que se encuentren en un lugar donde la caída de materiales altere las cajas y las muestras.
5. Para núcleos de cuidado rutinario con el correcto empaque en las cajas y manejo de almacenamiento será suficiente para no alterar la muestra.




Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

GUÍA METODOLÓGICA PARA EL RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO EN CAMPO Y REVISIÓN DE
LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS IN SITU ENFOCADO EN LOS ESTUDIOS DE SUELOS
REALIZADOS EN LA EMPRESA LÓPEZ HERMANOS LTDA.



	Instructivo del Sistema de Gestión de Calidad		Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Ltda.	
	Ejecución Ensayos de Laboratorio CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE NÚCLEOS DE ROCA (INV E 113-13)		ES – IN - 16	Página 2 de 1

6. Los materiales de cuidado especial deberán sellarse con vinipel y luego con papel aluminio, evitando que queden bolsas de aire. Si la muestra requiere almacenamiento prolongado se deberá aplicar posteriormente una capa de cera.
7. Las muestras de cuidado crítico dependen principalmente del encaje dentro de las cajas plásticas, el cuidado de choques, y el aislamiento térmico a posibles variaciones y de ser necesario aplicar el sellamiento del núcleo.
8. El transporte de las muestras se realiza dependiendo del cuidado que requieran, generalmente la carga y descarga representan grandes riesgos, por ello se debe supervisar la actividad y reportar cualquier caída de las cajas. En todas las ocasiones se debe contar con un vehículo de buena amortización, y si la vía por la cual se transitará inevitablemente generará movimientos bruscos se deben sostener las cajas a la carrocería para evitar el movimiento, la conservación de núcleos dependerá ya del estado del empaque dentro de las cajas.